



DIPLOMARBEIT

Veränderung ausgewählter Inhaltsstoffe und der sensorischen Eigenschaften von Kaffee während einer Lagerdauer von 9 Monaten

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin:	Michaela Theresa Lucia Kreuml
Matrikel-Nummer:	0308253
Studienrichtung / Studienzweig (lt. Studienblatt):	Ernährungswissenschaften A474
Betreuerin / Betreuer:	Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

Wien, am 16. November 2010

DANKSAGUNG

Zuerst möchte ich mich ganz herzlich bei Frau Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak, die mir die Durchführung dieser Diplomarbeit ermöglicht hat, für die gewissenhafte und professionelle Betreuung bedanken.

Auch an Herrn Univ.-Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa und Herrn Univ.-Prof. Dr. Karl-Heinz Wagner, die mir ermöglicht haben, meine Diplomarbeit am Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien durchzuführen, möchte ich meinen Dank richten.

Diese Danksagung gilt auch allen Mitarbeitern des Instituts, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite standen.

Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Leopold J. Edelbauer, der mein Interesse an Kaffee geweckt und dieses interessante Thema vorgeschlagen hat. Weiters stellte er mir die beiden Rohkaffeesorten, die ich für die Durchführung dieser Arbeit benötigt habe, kostenlos zur Verfügung und ermöglichte mir ebenso die Teilnahme am Kaffee-Experten-Kurs an der *VHS Hietzing*.

Herzlichen Dank auch an alle PanelistInnen, die an meinen sensorischen Untersuchungen teilnahmen, ohne sie wären diese nicht zustande gekommen.

Ich möchte mich auch bei meiner Studienkollegin Marlene Woda bedanken, die mit mir einige Tage im Labor verbracht hat, um mir die Methode der TAC zu lernen und bei der Herstellung der Chemikalien zu helfen.

Ebenso möchte ich mich bei allen StudienkollegInnen bedanken, die mit mir die Studien- und Diplomarbeitszeit durchgestanden haben und mir gute FreundInnen geworden sind.

Außerdem bedanke ich mich ganz herzlich bei meiner Familie und meinen Freundinnen, die mich während des ganzen Studiums begleitet und unterstützt haben. Mein größter Dank gilt hierbei meinen Eltern und Großeltern, die mir das Studium eigentlich ermöglicht haben und immer für mich da waren.

Danke auch an meinen Freund Michael, der mich immer unterstützt, ermutigt und mir so oft geholfen hat.

Linz, am 20. August 2010

INHALTSVERZEICHNIS.....	I
--------------------------------	----------

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	V
-----------------------------------	----------

TABELLENVERZEICHNIS.....	VII
---------------------------------	------------

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VIII
-----------------------------------	-------------

1. Einleitung und Fragestellung	1
2. Literaturübersicht.....	3
2.1. Die Kaffeepflanze	3
2.2. Kaffeesorten und ihre Herkunftsländer	5
2.2.1. ARABICA.....	5
2.2.1.1. Äthiopien	6
2.2.1.2. Brasilien	6
2.2.1.3. Indonesien.....	7
2.2.2. ROBUSTA	7
2.2.2.1. Vietnam	8
2.2.2.2. Uganda.....	8
2.2.2.3. Madagaskar.....	9
2.2.3. Differenzierung der Kaffeesorten.....	9
2.3. Die Kaffeeernte und -aufbereitung.....	10
2.3.1. Die Kaffeeernte.....	10
2.3.2. Die Kaffeeaufbereitung	11
2.3.2.1. Die nasse Kaffeeaufbereitung	11
2.3.2.2. Die trockene Kaffeeaufbereitung	13
2.4. Der Röstprozess	14
2.5. Die Lagerung	17
2.6. Zubereitungsarten von Kaffee	18
2.6.1. Filterkaffee.....	19
2.6.2. Espresso	20
2.7. Die Hauptinhaltsstoffe.....	21
2.7.1. Kohlenhydrate	22

2.7.2.	Proteine	23
2.7.3.	Fette	23
2.7.4.	Wasser	25
2.7.5.	Organische Säuren	26
2.7.6.	Alkaloide	27
2.7.6.1.	Koffein	27
2.7.6.2.	Theobromin und Theophyllin	29
2.7.6.3.	Trigonellin	29
2.7.7.	Polyphenole	30
2.7.7.1.	Chlorogensäure	30
2.7.8.	Antioxidantien	34
2.7.8.1.	Antioxidantien im Kaffee	35
2.7.9.	Vitamine und Mineralstoffe	37
2.7.10.	Aromastoffe	37
2.7.11.	Rückstände	38
2.8.	Gesundheitsfördernde Wirkungen von Kaffee	39
2.8.1.	Kaffee und koronare Herzkrankheiten	39
2.8.2.	Kaffee und Krebs	41
2.8.2.1.	Brustkrebs	41
2.8.2.2.	Darmkrebs	42
2.8.2.3.	Eierstockkrebs	43
2.8.2.4.	Leberkrebs	44
2.8.2.5.	Bauchspeicheldrüsenkrebs	45
2.8.3.	Kaffee und Diabetes	45
2.8.4.	Kaffee und Alzheimer	47
2.8.5.	Kaffee und Osteoporose	47
3.	Material und Methoden	49
3.1.	Material	49
3.1.1.	Probenumfang	49
3.1.2.	Allgemeine Probenaufbereitung	51
3.2.	Analytische Methoden	52

3.2.1.	Bestimmung der Inhaltsstoffe Coffein, Chlorogensäure und Theobromin mittels High Performance Liquid Chromatography (HPLC).....	52
3.2.1.1.	Erstellung der Eichgeraden (HPLC)	54
3.2.1.2.	Durchführung der Analyse (HPLC)	60
3.2.2.	Bestimmung der Totalen Antioxidativen Kapazität (TAC)	61
3.2.2.1.	Herstellung der Lösungen für die Bestimmung der TAC	62
3.2.2.2.	Durchführung der TAC-Bestimmung	65
3.2.2.3.	Messung der TAC-Werte.....	67
3.2.2.4.	Reproduzierbarkeit der Methode	68
3.3.	Sensorische Analyse	69
3.3.1.	Probenvorbereitung	69
3.3.2.	Quantitative Deskriptive Analyse (QDA)	69
3.3.3.	Spiderweb	73
3.4.	Methoden der statistischen Auswertung	74
3.4.1.	Prüfung auf Normalverteilung der Daten	74
3.4.2.	Prüfung auf Unterschiede.....	74
3.4.3.	Prüfung auf Zusammenhang (Korrelation)	75
4.	Ergebnisse und Diskussion	76
4.1.	Die Veränderung der Inhaltsstoffe (Coffein, Chlorogensäure und Theobromin) von Arabica und Robusta Kaffee während einer Lagerdauer von 9 Monaten	76
4.1.1.	Die Veränderungen der Inhaltsstoffe von Arabica Kaffee	76
4.1.2.	Die Veränderung der Inhaltsstoffe von Robusta Kaffee.....	78
4.1.3.	Die Veränderungen der Inhaltsstoffe von Kaffee während der Lagerung – Sortenvergleich Arabica vs. Robusta	79
4.1.3.1.	Coffein.....	79
4.1.3.2.	Chlorogensäure.....	80
4.1.3.3.	Theobromin	82
4.2.	Die Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität (TAC) von Arabica und Robusta Kaffee während einer Lagerdauer von 9 Monaten	83

4.2.1.	Die Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität von Arabica Kaffee	83
4.2.2.	Die Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität von Robusta Kaffee	84
4.2.3.	Die Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität von Kaffee während der Lagerung – Sortenvergleich Arabica vs. Robusta	85
4.3.	Sensorische Untersuchungen.....	87
4.3.1.	Quantitative Deskriptive Analyse (QDA) von Arabica und Robusta	87
4.3.1.1.	Vergleich des frisch gerösteten und dem 9 Monate gelagerten Arabica-Kaffees.....	87
4.3.1.2.	Vergleich des frisch gerösteten und dem 9 Monate gelagerten Robusta-Kaffees.....	89
4.3.1.3.	Produktprofil des frisch gerösteten Kaffees (Vergleich Arabica vs. Robusta)	92
4.3.1.4.	Produktprofil des Kaffees nach 9 Monaten Lagerung (Vergleich Arabica vs. Robusta)	93
4.4.	Diskussion der laborchemischen Analyse	96
4.4.1.	Coffein, Chlorogensäure und Theobromin (HPLC).....	96
4.4.2.	Totale Antioxidative Kapazität (TAC).....	100
4.4.3.	Quantitative Deskriptive Analyse (QDA).....	104
5.	Schlussbetrachtung	109
6.	Zusammenfassung.....	114
7.	Summary	117
8.	Literaturverzeichnis.....	120
9.	Anhang	130

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Quer- und Längsschnitt einer Kaffeekirsche (Frucht) [WINTGENS, 2004].	4
Abb. 2: Schema der nassen und trockenen Kaffeeaufbereitung [EBERMANN und ELMADFA, 2008].	14
Abb. 3: Strukturformeln von Cafestol und Kahweol [EBERMANN und ELMADFA, 2008].	24
Abb. 4: Strukturformeln der Purinalkaloide [BALTES, 2007].	27
Abb. 5: Strukturformeln der Chlorogensäure, Kaffee- und Ferulasäure [BALTES, 2007].	31
Abb. 6: Metabolismus der Cholorgensäure beim Menschen [OLTHOF et al., 2003].	33
Abb. 7: Eichgerade Standard Coffein.	56
Abb. 8: Eichgerade Standard Chlorogensäure	58
Abb. 9: Eichgerade Standard Theobromin.	59
Abb. 10: Eichgerade zur Ermittlung der TAC-Werte	66
Abb. 11: ARABICA-Kaffee: Veränderungen von Coffein und Chlorogensäure während der 9-monatigen Lagerung.	77
Abb. 12: ARABICA-Kaffee: Veränderungen von Theobromin während der 9-monatigen Lagerung.	77
Abb. 13: ROBUSTA-Kaffee: Veränderungen von Coffein und Chlorogensäure während 9-monatiger Lagerung.	78
Abb. 14: ROBUSTA-Kaffee: Veränderungen von Theobromin während 9-monatiger Lagerung	79
Abb. 15: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta – COFFEIN: Veränderungen während der Lagerung.	80
Abb. 16: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta – CHLOROGENSÄURE: Veränderungen während der Lagerung	81
Abb. 17: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta – THEOBROMIN: Veränderungen während der Lagerung	82

Abb. 18: ARABICA-Kaffee: Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität während der 9-monatigen Lagerung	84
Abb. 19: ROBUSTA-Kaffee: Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität während der 9-monatigen Lagerung	85
Abb. 20: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta – Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität während der Lagerung	86
Abb. 21: Veränderungen im Produktprofil von ARABICA-Kaffee nach 9 Monaten Lagerung.....	89
Abb. 22: Veränderungen im Produktprofil von ROBUSTA-Kaffee nach 9 Monaten Lagerung.....	91
Abb. 23: Produktprofil: Arabica vs. Robusta – frisch geröstet (März 2009)	93
Abb. 24: Produktprofil: Arabica vs. Robusta – 9 Monate gelagert (Dezember 2009).....	95

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Charakteristische Veränderungen der Kaffeebohnen beim Röstprozess in Abhängigkeit von der Temperatur [TSCHEUSCHNER, 2004].	15
Tab. 2: Röstgrade von Kaffee [THORN, 1999].	16
Tab. 3: Richtwerte für die empfohlene maximale Lagerdauer von Kaffee [FRANZKE, 1996].	17
Tab. 4: Die Inhaltsstoffe von Kaffee (% Trockenmasse) [SCHARF, 2001].	21
Tab. 5: Diterpene im grünen Kaffee (%Trockenmasse) [SCHARF, 2001].	25
Tab. 6: Die untersuchten Kaffeesorten	49
Tab. 7: Röstung des Kaffees.	50
Tab. 8: Kaffeezubereitung für die Analysen	51
Tab. 9: Geräte für die Probenezubereitung	52
Tab. 10: Verwendete Geräte für die Probenvorbereitung und Durchführung der HPLC	53
Tab. 11: HPLC Anlage Dionex	53
Tab. 12: Reagenzien für HPLC	54
Tab. 13: Standard Coffein und Chlorogensäure	55
Tab. 14: Standard Theobromin	55
Tab. 15: Konzentration und Fläche des Standards - Coffein	56
Tab. 16: Konzentration und Fläche des Standards - Chlorogensäure	57
Tab. 17: Konzentration und Fläche des Standards - Theobromin.	59
Tab. 18: Verwendete Geräte für TAC-Bestimmung	61
Tab. 19: Reagenzien für TAC-Bestimmung	62
Tab. 20: Herstellung der Standards für die TAC-Bestimmung	63
Tab. 21: Ermittelte Extinktionen für Myoglobin.	64
Tab. 22: Konzentration und Extinktion der Trolox-Standard-Lösungen.	66
Tab. 23: Pipettierschema für TAC-Messung	67
Tab. 24: Attributenliste für die Kaffeebeurteilung (QDA)	71
Tab. i: Laborergebnisse – ARABICA-Kaffee Äthiopien <i>Limu</i>	130
Tab. ii: Laborergebnisse – ROBUSTA-Kaffee Vietnam.	134

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AAPH	2,2'-azo-bis-(2methylpropionamide)dihydrochloride	
ABTS	2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure]	
AD	Alzheimer's disease	Morbus Alzheimer
ApoE4	Apolipoprotein Epsilon 4	Apolipoprotein ε 4
BMD	Bone mineral density	
CGA	Chlorogenic Acid	Chlorogensäure
CQA	Caffeoylquinic Acid	Caffeoylchinasäure
diCQA	Dicaffeoylquinic Acid	Dicaffeoylchinasäure
CSHA	Canadian Study of Health and Aging	
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl	
FFA	Free Fatty Acids	Freie Fettsäuren
FFQ	Feruoilquinic Acid	Feruoilchinasäure
FRAP	Fluorescence Recovery After Photobleaching	
HPFS	Health Professionals Follow-Up Study	
HPLC	High Performance Liquid Chromatography	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
IfEW	Institut für Ernährungswissenschaften	
KHK	Koronare Herzkrankheiten	
MW	Mittelwert	
NHS	Nurses' Health Study	
NIR	near-infrared spectroscopy	
OH[•] radical	Hydroxyl Radical Scavenging	
PCA	Principal Component Analysis	Hauptkomponentenanalyse
Pkt.	Punkte	
SD	Standardabweichung	
TAC	Total Antioxidant Capacity	Totale Antioxidative Kapazität
TM	Trockenmasse	
TRAP	Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter	
VDR	vitamin D receptor	Vitamin D Rezeptor
VK	Variationskoeffizient	

1. Einleitung und Fragestellung

Kaffee ist nach Erdöl das zweithäufigst gehandelte Welthandelsgut und erfreut sich immer größer werdender Popularität. Zurzeit werden jährlich ca. 8 Millionen Tonnen Kaffee geerntet und gehandelt. In Europa, Afrika und Amerika ist Kaffee bereits traditionell ein wichtiges Stimulans, welches nun auch schön langsam den asiatischen Raum erobert. Dies kann bei eventuellen Engpässen in der Produktion zu einer Preissteigerung und Kaffeeknappheit führen.

Da früher Kaffee verteufelt wurde und meist negativ behaftet war, wurde es Zeit mit einigen Vorurteilen aufzuräumen und den Kaffee als Gegenstand großer Studien zu beleuchten. Die Inhaltsstoffe von Kaffee sind Subjekte vieler Untersuchungen und gewinnen immer mehr an Bedeutung. Meist werden sie im Zusammenhang mit den gesundheitlichen Aspekten diskutiert.

Kaffee wird immer häufiger auf seine sekundären Pflanzeninhaltsstoffe untersucht, da sie für seine antioxidative Wirkung verantwortlich gemacht werden. Dazu zählen die Polyphenole und deren wichtigster Vertreter die Chlorogensäure. Die Totale Antioxidative Kapazität (TAC) von Kaffee ist ebenso ein Thema großer Aktualität. Zu dieser Thematik wurden in den letzten Jahren viele Studien veröffentlicht. Einige von ihnen beschreiben das antioxidative Potential von Kaffee selbst und andere untersuchen die Totale Antioxidative Kapazität im Plasma nach dem Kaffeegenuss [PARRAS et al. 2007; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al. 2005; RICHELLE et al. 2001]. Beim Vergleich der TAC zwischen den unterschiedlichen Arten von Kaffee, Arabica und Robusta, konnte festgestellt werden, dass die antioxidative Wirkung bei grünen Robusta-Bohnen höher ist als die der grünen Arabica-Bohnen, der Röstprozess diese allerdings beträchtlich reduziert und so die endgültige antioxidative Kapazität beider Arten ähnlich ist [RICHELLE et al. 2001].

Vom Gesetzgeber wird den Kaffeeröstern vorgeschrieben eine maximale Lagerdauer von 18 Monaten anzugeben. Einige Kaffeeliebhaber und –kenner befinden diesen Zeitraum als viel zulange und propagieren frisch gerösteten und kurz vor der Zubereitung gemahlenen Kaffee zu konsumieren, um den maximalen Trinkgenuss zu erzielen.

Wie wirkt sich also eine längere Lagerung auf den Kaffee aus? Hat diese einen Einfluss auf die Inhaltsstoffe (Koffein, Chlorogensäure und Theobromin) und die Totale Antioxidative Kapazität (TAC)? Wie verhalten sie sich in den ersten 9 Monaten der Lagerung? Gibt es Veränderungen im Geschmack und Geruch? Genau auf diese Fragen wird, im Rahmen der vorliegenden Arbeit, versucht eine Antwort zu finden.

Die Veränderung der Inhaltsstoffe wurde mit HPLC-Methode untersucht, um die Unterschiede, die während einer Lagerdauer von 9 Monaten auftreten, aufzudecken. Ob und wie sich der Kaffee während der Lagerung sensorisch verändert, wurde mit Hilfe der Quantitativen Deskriptiven Analyse (QDA) evaluiert.

2. Literaturübersicht

2.1. Die Kaffeepflanze

Der Name Kaffee (Coffee) leitet sich von der lateinischen Bezeichnung der Pflanzengattung *Coffea* ab. Die Gattung *Coffea* gehört zur Familie der *Rubiaceae* (Rötegewächse), diese werden auch Krapp- oder Kaffeegewächse genannt. Weiters zählen auch noch die Gattungen *Gardenia*, *Ixora*, *Cinchona* und *Rubia* dazu. Die Gattung *Coffea* selbst umfasst etwa 70 Spezies (Arten), wobei die zwei weltweit am Häufigsten kultivierten Hauptarten *Coffea arabica* und *Coffea canephora* var. *robusta* sind. Es gibt auch noch unbedeutendere kultivierte Arten zu denen *Coffea liberica* und *C. excelsa* gehören. Sie werden hauptsächlich in Westafrika und Asien angebaut, sind minderer Qualität und machen nur ca. 1 bis 2 % der weltweiten Produktion aus [WINTGENS, 2004].

Die Kaffeepflanze braucht ca. 3 Jahre von der Auskeimung des Samens bis hin zur ersten Blüte. Aus den kleinen weißen Blüten, die nach Jasmin duften, entwickeln sich schließlich die Früchte des Kaffeestrauchs, die auch Kirschen genannt werden. Ihre Farbe wechselt während des Reifeprozesses von Grün über Gelb und Rot bis hin zu Violett und im überreifen Zustand können die Kaffeekirschen sogar Schwarz werden. Die beiden Samen auch Kaffeebohnen genannt, die in der Kirsche wachsen, bilden das Basiselement für den Röstprozess, das Kaffeepulver und im Weiteren für das Kaffeegetränk. Bei den Kaffeebohnen handelt es sich, trotz des irreführenden Namens, botanisch gesehen um Samenkerne und nicht um Bohnen. Wenn sich in einer Kaffeekirsche nur ein Einzelsamen befindet, wird diese „Perlbohne“ genannt und als „Perlkaffee“ gehandelt [WINTGENS, 2004; HESSMANN-KOSARIS, 2006; BALTES, 2007].

Die Kaffeekirschen (Abb. 1) bestehen aus einer Außenhaut, dem Epicarp und aus der Pulpe, dem Mesocarp. Darin eingebettet liegen, mit der abgeflachten Seite zueinander, die beiden Kaffeebohnen, diese bestehen aus einem hornigen Endosperm, dem Samen, welcher in 2 Schalen dem Endocarp (äußere Hornschale) eingewickelt ist und den Embryo enthält. Das Endosperm ist vom Silberhäutchen und der Pergamentschale (Endocarp) umgeben. Der Embryo, der ca. 3 – 4 mm lang ist, entwickelt sich aus dem Hypocotyl, der Sprossachse und den zwei Kotyledonen, den Keimblättern.

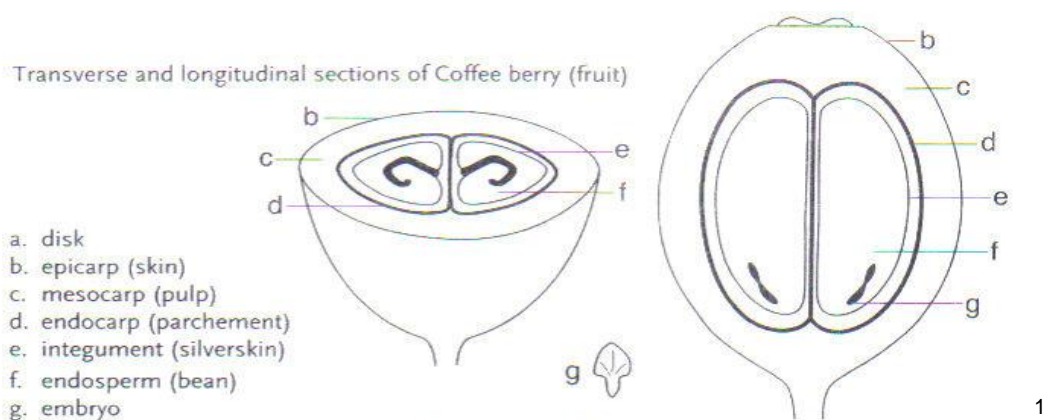


Abb. 1: Quer- und Längsschnitt einer Kaffeekirsche (Frucht) [WINTGENS, 2004].

Ein gesunder Kaffeestrauch kann bis zu 80 Jahren Erträge bringen, aber die ökonomische Lebensspanne bzw. Ertragsdauer einer Kaffeeplantage beträgt selten mehr als 30 Jahre. Die verschiedenen Kaffeearten zeigen Unterschiede in der Größe und Form der Kaffeesamen. Durchschnittlich sind die Kaffeebohnen ca. 10 mm lang und 6 mm breit [WINTGENS, 2004].

¹

- a. Schnitt
- b. Epicarp (Außenhaut)
- c. Mesocarp (Pulpe)
- d. Endocarp (Pergamentschale oder äußere Hornschale)
- e. Haut (Silberhäutchen)
- f. Endosperm (Bohne)
- g. Embryo

2.2. Kaffeesorten und ihre Herkunftsländer

Kaffee wird rund um den Globus an vielen Orten der Welt angebaut. Wobei die Hauptanbaugebiete von Arabicas zwischen dem 23. nördlich und dem 25. Breitengrad südlich des Äquators liegen und die Robustas am Besten zwischen den 10ten Breitengraden nördlich und südlich des Äquators gedeihen. Von West nach Ost gereiht liegen die Anbaugebiete von Kaffee in Süd- und Mittelamerika, Afrika, Indien, Indonesien und Südchina bis in den Norden Australiens [TEUFL und CLAUSS, 1998].

2.2.1. ARABICA

Coffea arabica hat seinen Ursprung im Hochland von Abessinien in Äthiopien in der Provinz Kaffa, wo sie im Hochplateau zwischen 1.300 und 2.000 Höhenmetern wachsen. Je höher die Plantage liegt, desto besser ist die Qualität und desto komplexer und feiner das Kaffeearoma, da der Kaffeestrauch langsamer wächst. Die Kaffeepflanze wird in Plantagen kultiviert und als Strauch auf gut drei Meter zusammengestutzt. Sie brauchen intensive Pflege und ein ausgeglichenes Klima, ohne zu viel Sonne oder zu hohen Temperaturen. Am Besten gedeihen die frostempfindlichen Arabica-Pflanzen bei einer Durchschnittstemperatur von 21 Grad Celsius. Heute wird *C. arabica* in Afrika in den höheren Plateauregionen, Madagaskar und an der Westküste Afrikas, in Asien in höher gelegenen Gebieten quer durch den Kontinent von Arabien bis zu den Philippinen, inklusive Jemen, Indien, Papua New Guinea, Mauritius, Reunion, New Calcedonia, Vietnam, Hawaii und ebenfalls in Mittel- und Südamerika kultiviert. Zu den bekanntesten und wichtigsten Anbaugebieten des Arabica-Kaffees zählen Brasilien, Kolumbien, Costa Rica, Guatemala, Haiti, Mexiko, Jamaika, Kenia, Äthiopien, Tansania, Indien, Indonesien, Jemen und Hawaii. Der bekannteste und teuerste Arabica Kaffee der Welt ist der *Blue Mountain* aus Jamaika. Arabica wird generell als qualitativ hochwertiger im

Geschmack und Geruch als Robusta-Kaffee angesehen und stellt mehr als 70 % der Welternte dar. Arabica, der in höheren Höhenlagen wächst, hat einen schwächer ausgeprägten Körper, eine feine Säure und ein aromatisches Kaffeearoma. Der Koffeingehalt des Arabicas ist geringer als beim Robusta-Kaffee und liegt bei ca. 1,5 % der Trockenmasse [HESSMANN-KOSARIS, 2006; THORN, 1999; WINTGENS, 2004; EDELBAUER, 2003; NEBESNY und BUDRYN, 2006].

2.2.1.1. Äthiopien

Äthiopien ist das Geburtsland der Kaffeepflanze und auch heute noch eines der wichtigsten Kaffee-Erzeugerländer und Hauptexporteur von Arabica-Bohnen der afrikanischen Staaten. Äthiopischer Kaffee zählt zu den hochwertigsten Kaffeesorten mit sehr guter Qualität. Dieser Kaffee hat einen feinen Duft, ein dezentes Aroma, eine feine elegante Säure und einen vollen Körper. Bekannte Anbauggebiete sind *Limu*, *Sidamo*, *Harer* und die Provinz *Kaffa*. In den Anbaugebieten *Limu* und *Sidamo* werden die Bohnen nass aufbereitet, was sich nochmals positiv auf die Qualität und den Geschmack auswirkt und durch den zusätzlichen Fermentationsprozess eine besonders geschmackliche feine Säure ausbildet [THORN, 1999; WINTGENS, 2004; TEUFL und CLAUS, 1998].

2.2.1.2. Brasilien

Brasilien ist der größte Kaffeeproduzent der Welt, denn hier wachsen rund 4 Millionen Kaffeebäume. Bei brasilianischem Kaffee gibt es sehr starke Unterschiede im Geschmack. Aufgrund der weitläufigen Anbauflächen und des dort herrschenden Wassermangels wird der Großteil des Kaffees trocken aufbereitet, da es gänzlich unmöglich ist, den gesamten dort angebauten Kaffee

nass zu verarbeiten [WINTGENS, 2004; TEUFL und CLAUSS, 1998; THORN, 1999]. Außerdem unterscheidet man zwischen hartem und weichem Kaffee. Wobei die qualitativ hochwertigen Sorten zu dem weichen *Santos* Kaffee zählen, der einen milden Geschmack mit wenig Säure aufweist und bei Sao Paulo angebaut wird. Harter Kaffee hingegen hat einen karbolähnlichen Geschmack und Geruch und erzeugt beim Genuss ein adstringierendes Mundgefühl. Die beiden Vertreter des harten Kaffees sind der *Minas* und *Rio*. Die Qualität der in Brasilien angebauten Kaffeesorten ist im Allgemeinen nur durchschnittlich [EDELBAUER, 2003].

2.2.1.3. Indonesien

Der drittgrößte Kaffeeproduzent der Welt ist Indonesien. Es gibt einige gute Kaffeesorten wie der *Kalossi* aus Sulawesi und die Sorten aus *Java*. Sie besitzen einen vollmundigen runden Körper, einen reichen Geschmack und ein exzellentes Aroma. Es gibt aber auch durchschnittliche Indonesische Qualität, zweitklassige Sorten und *Blends* die gehandelt werden [TEUFL und CLAUSS; 1998; THORN, 1999].

2.2.2. ROBUSTA

Robusta-Sorten der Gattung *Coffea canephora* var. *robusta* wachsen hingegen in niedrigeren Lagen (tropischen Gebieten unter einer Seehöhe von 1.000 m) und vertragen mehr Hitze und Feuchtigkeit, sind jedoch noch kälteempfindlicher als Arabicas. Deshalb wird Robusta nur bis zum 10. Breitengrad nördlich und südlich des Äquators angebaut. Die Hauptanbaugebiete des Robusta-Kaffees sind das Flachland von West- und Zentralafrika und die mittleren Breiten Ost-Afrikas, im Flachland Asiens (Indien, Indonesien, Philippinen, Malaysia, Thailand, China, usw.) und in den feuchten tropischen Regionen in Nord-Ost

Brasilien, Ecuador, Guyana, Mexiko, Trinidad und Tobago, usw. Die Pflanze wird entweder als Strauch oder als hoher Baum, der bis zu 15 Metern hoch werden kann, kultiviert und wächst um einiges schneller, als die Arabica-Pflanze. Robusta ist widerstandsfähiger gegenüber hohen Temperaturen, Luftfeuchtigkeit, Niederschlägen und gegenüber Krankheiten und Schädlingen, wie zum Beispiel Pilzen. Außerdem ist eine Robusta-Pflanze leichter zu pflegen, hat niedrigere Produktionskosten und bringt einen größeren Ertrag. Robusta-Kaffee hat einen fülligeren Körper, aber auch einen bitteren Geschmack, ist weniger aromatisch und weniger säuerlich als Arabica-Kaffee. Beim Robusta liegt der Koffeingehalt bei ca. 2,5 % der Trockenmasse [HESSMANN-KOSARIS, 2006; THORN, 1999; WINTGENS, 2004; EDELBAUER, 2003; NEBESNY und BUDRYN, 2006].

2.2.2.1. Vietnam

Im 19. Jahrhundert brachten französische Missionare die ersten Kaffee-Gewächse aus Indonesien nach Vietnam und leiteten dort eine Ära der Kaffeeproduktion ein. Zurzeit ist die Kaffeeproduktion eher gering mit einem deutlichen Aufwärtstrend. Erzeugt werden hauptsächlich Robustas, die zu 96 % von kleinen Farmen stammen. Vietnam-Kaffee wird heute vorwiegend in Mischungen verwendet, hat eine Standard-Konsumqualität und einen ausgewogenen Geschmack [THORN, 1999].

2.2.2.2. Uganda

In Uganda wird zurzeit überwiegend Robusta angebaut, die Arabica-Produktion macht nur etwa 10 % der Gesamterträge aus. Wegen des idealen äquatorialen Regenklimas wurde Uganda zu einem der wichtigsten Exportländer von

Robusta-Kaffee. Uganda-Kaffee hat einen vollmundigen, gehaltvollen und sehr ausgewogenen Geschmack und eine gute Qualität [THORN, 1999].

2.2.2.3. Madagaskar

Die Insel Madagaskar erzeugt größtenteils Robusta-Kaffees, die 92 % der Gesamtkaffeeernte ausmachen. Zurzeit gibt es jedoch auch Versuche, die Arabica-Produktion in dieser Region zu erhöhen. Die Robusta-Bohnen werden meist trocken aufbereitet und haben einen ausgewogenen Geschmack, eine ausgeprägte Säure und eine gute Qualität [THORN, 1999].

2.2.3. Differenzierung der Kaffeesorten

Die Differenzierung nach der botanischen Zugehörigkeit des Rohkaffees zu den Arten *Coffea arabica* und *Coffea canephora* var. *robusta* wird mit Hilfe der *schrittweisen Diskriminanzanalyse* gemacht. Hierbei wird versucht den Rohkaffee aufgrund von Beobachtungsmerkmalen in unterschiedliche Kollektive einzuteilen. Eines der wichtigsten Differenzierungsmerkmale stellen die Konzentrationsunterschiede der freien Aminosäuren (AS), Glutaminsäure und der essentiellen AS Valin, dar. Diese Unterschiede reichen meist aus, um eine richtige Zuordnung des Rohkaffees zu den Arten *Coffea arabica* und *Coffea canephora* var. *robusta* durchzuführen.

Daraus ergibt sich eine Unterteilung der Rohkaffeearten nach geographischer und pflanzensystematischer Zugehörigkeit:

- Robustas
- süd- und mittelamerikanische Arabicas
- afrikanische und asiatische Arabicas.

Auf jeden Fall konnte mit hoher Sicherheit zwischen den beiden botanischen Arten (Arabica und Robusta) unterschieden werden, bei der richtigen Zuordnung der geographischen Herkunft der Arabicas war die Wahrscheinlichkeit der Zuordnung nicht ganz so hoch [EDELBAUER, 2003].

2.3. Die Kaffeeernte und -aufbereitung

Die Qualitätskriterien des Kaffees, welche in den Genen verankert sind, werden auch durch Umweltfaktoren, wie die Kultiviermethode, dem Boden oder dem Klima beeinflusst. Technologische Prozesse, wie Ernteprozesse, Aufbereitung, Entpulpung und das Sortieren können ebenfalls einen Einfluss auf die Qualität haben.

2.3.1. Die Kaffeeernte

Die Kaffeeernte ist ein heikler zeitintensiver und mehr oder weniger teurer Prozess, bei dem die KaffEEKirschen vom Kaffeestrauch oder –baum gepflückt werden. Die Ernte hat einen hohen Einfluss auf die Qualität des Endproduktes.

Die ideale Ausgangssituation ist alle frischen reifen KaffEEKirschen zu ernten, ohne dass der Kaffeestrauch oder –baum Schaden nimmt. Dies kann nur erreicht werden, wenn die reifen Kirschen von Hand gepflückt werden. Dies ist eine arbeitsintensive und teure manuelle selektive Erntemethode, die sich jedoch durch erstklassige Qualität auszeichnet. Weitere Methoden sind die *Strip-Pflückung (Stripping)*, die ebenfalls zu den manuellen Erntemethoden zählt und die mechanische Ernte mit Pflückmaschinen. Bei diesen beiden Methoden werden die KaffEEKirschen in einem Zug mit der Hand (*Strip-Pflückung*) oder mit der Maschine von den Zweigen abgezogen, wobei hier alle Kirschen (unreife, reife und überreife) gepflückt werden. Es muss entweder

nachsortiert oder mit Qualitätseinbußen gerechnet werden [WINTGENS, 2004; EDELBAUER, 2003].

2.3.2. Die Kaffeeaufbereitung

Direkt nach der Ernte werden die Kaffeebohnen weiterverarbeitet. Bei der Aufbereitung unterscheidet man zwei Hauptarten, die trockene und die nasse Aufbereitung. Die Art der Kaffeeaufbereitung hat wiederum einen starken Einfluss auf die Qualität des Endproduktes [WINTGENS, 2004; EDELBAUER, 2003].

2.3.2.1. Die nasse Kaffeeaufbereitung

Die nasse Kaffeeaufbereitung (Abb. 2) erfordert zwar einen größeren Aufwand und mehr Sorgfalt, stellt aber ein Qualitätsmerkmal dar und wird nur bei Kaffeesorten höherer Qualität angewendet. Das kostenintensivere Nassverfahren ist nur in jenen Ländern möglich, wo auch genügend Wasser zur Verfügung steht, wie etwa in Zentralamerika, Kolumbien, Mexiko, Kenia und Java. Arabica-Kaffee wird größtenteils Nass aufbereitet, außer in Brasilien und Äthiopien, wo das Trockenverfahren verbreiteter ist, es gibt jedoch auch Ausnahmen (Äthiopien: Anbaugebiete *Limu* und *Sidamo*).

Unmittelbar nach der Anlieferung kommen die frisch geernteten Kaffeekirschen in Quell tanks, in denen das Fruchtfleisch (die so genannte *Pulpe*) über Nacht aufquillt. Am darauf folgenden Tag werden die aufgeschwemmten Kaffeekirschen durch einen Schwemmkanal, in dem die Vorreinigung stattfindet und Verunreinigungen wie Steine, Erde, Zweige, Blätter und vertrocknete Kirschen entfernt werden, zum „*Pulper*“ geleitet. Im Entpulper wird das gequollene vor allem äußere Fruchtfleisch mit einem Walzensystem, in dem Walzen und Scheiben die Kirschen gegen einen aufgerauten Zylinder pressen,

entfernt und weggerissen. Die Rohbohnen, die aus dem *Pulper* kommen, besitzen noch die Silberhaut und Pergamenthülle sowie Fruchtfleischreste, die von einer schleimigen Masse umgeben sind.

Der ausschlaggebende Unterschied zwischen nasser und trockener Kaffeeaufbereitung ist die *Fermentation*. Durch die Einwirkung von Bakterien kommt es zu einem enzymatischen Gärprozess, der die Fruchtfleischreste vergärt. Die dadurch entstandenen chemischen Veränderungen in den Bohnen sind für die Geschmacksausbildung maßgebend und bestimmen somit auch die Qualität des gewaschenen Kaffees. Bei der *Fermentation* werden die Bohnen 24 bis 48 Stunden in mit Wasser gefüllten Gärtanks gelagert, bis sich die restlichen Fruchtfleischreste gelöst haben. Dies erkennt man an einer intensiven Bläschenbildung.

Nach dem Gärprozess werden die Bohnen unter ständigem Wasserzufluss in einem Reinigungsbecken gewaschen, um auch die restlichen Fruchtfleischreste zu entfernen. Wenn dieser Arbeitsgang des Waschens abgeschlossen ist, sind die Bohnen blank und sauber und nur noch von einer gereinigten Hornschale, dem *Pergamino*, umgeben. Dieser entfleischte, fermentierte, gewaschene und anschließend getrocknete Kaffee kann bereits als *Pergamino*, Pergament-, Hülsen- oder Hornschalenkaffee gehandelt werden und wird erst später in europäischen Aufbereitungsanstalten weiterverarbeitet. Ansonsten werden diese blanken gewaschenen Bohnen in einem Trocknungsprozess etwa fünf Tage lang auf Sieben am Zementboden getrocknet. Wenn der Kaffee nicht exportiert, sondern im Ursprungsland fertig aufbereitet wird, dann wird dieser dort geschält und hochwertige Kaffeebohnen meist noch poliert [EDELBAUER, 2003; HESSMANN-KOSARIS, 2006; THORN, 1999; EBERMANN und ELMADFA, 2008].

2.3.2.2. Die trockene Kaffeeaufbereitung

Die trockene Kaffeeaufbereitung (Abb. 2) ist die einfachste und auch älteste Methode der Kaffeetrocknung. Bei der Trocknung werden die Kaffeekirschen zwei bis drei Wochen lang auf großen Trockenflächen, wie etwa festgewalzten Erd-, Stein- oder Zementböden, ausgebreitet und unter ständigem Wenden an der Luft und in der Tropensonne getrocknet (ungewaschener Kaffee). Der Trocknungsprozess kann in so genannten Trockenhäusern beschleunigt und auf nur 3 bis 4 Tage verkürzt werden.

Die Kirschen können erst dann der Schälmaschine zugeführt werden, wenn sie stark gedorrt sind und der Feuchtigkeitsgehalt auf etwa 12 % gesunken ist. Beim Enthülsen wird das getrocknete Fruchtfleisch, das jetzt dunkelbraun und brüchig ist, abgerissen und gequetscht. Dieses wird ebenso abgetrennt wie das Silberhäutchen und das *Pergamino*. Nachdem die geschälten Kaffeebohnen die Schälmaschine verlassen haben, werden die Rohbohnen noch von Hand verlesen und aussortiert. Auf großen Plantagen geschieht dies durch entsprechende Geräte. Anschließend werden die grünen Bohnen in 60 kg Jute- oder Sisalsäcke eingesackt und verschifft. Die trockene Aufbereitung wird heute vor allem noch in Brasilien und Westafrika durchgeführt, wo die nasse Verarbeitung wegen der hohen Ernteerträge oder dem dort herrschenden Wassermangel nicht möglich ist [HESSMANN-KOSARIS, 2006; EDELBAUER, 2003; THORN, 1999].

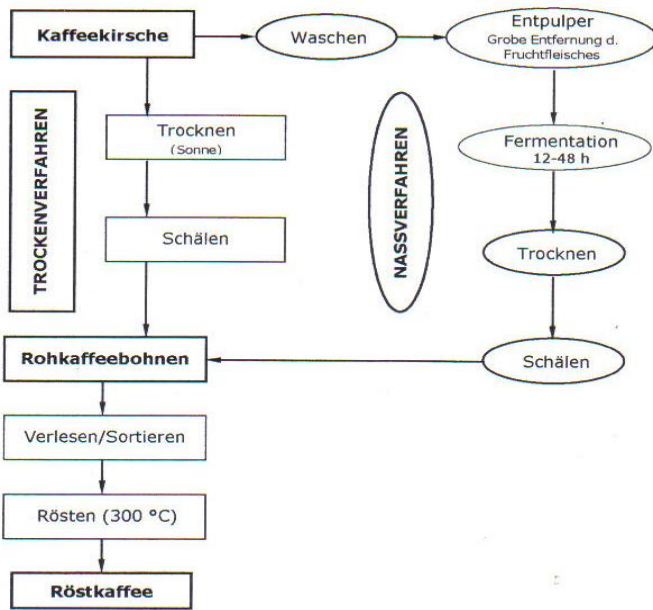


Abb. 2: Schema der nassen und trockenen Kaffeeaufbereitung [EBERMANN und ELMADFA, 2008].

Pro Jahr werden weltweit etwa 8 Millionen Tonnen an grünem Rohkaffee produziert. Bis der Kaffee letztendlich den Konsumenten erreicht, hat er noch einen langen Weg mit vielen Zwischenstationen vor sich. Die aufbereiteten grünen Bohnen werden in 60 kg Jute- oder Sisalsäcke gefüllt und per Schiff, Flugzeug, Bahn bzw. LKW in viele Teile der Welt transportiert. Hierbei muss man speziell auf einen schonenden Transport, die dabei herrschende Feuchtigkeit und Kaffeeschädlinge achten, sodass die Qualität des Kaffees erhalten bleibt. Geröstet wird schließlich in Großrösterein oder in kleinen und mittleren Kaffeebetrieben [THORN, 1999].

2.4. Der Röstprozess

Heute werden die Kaffeebohnen in modernen Trommelröstern geröstet, wobei in großen Maschinen bis zu mehreren Tonnen Kaffee in nur 10 Minuten auf einmal abgefertigt werden können. In den Geräten herrschen Temperaturen um 200 bis 260 °C, dies variiert je nach beabsichtigtem Röstgrad. Die

Endtemperaturen betragen neuerdings auch bis 300 °C, wobei hier die Dauer des Röstprozesses auf 3 Minuten reduziert werden kann. Beim Rösten ist wichtig, dass alle Bohnen gleichzeitig erhitzt werden, deshalb muss sich die Trommel gleichmäßig und schnell drehen. Durch den Röstprozess kommt es zu Veränderungen in der Bohne (Tab. 1). Durch die hohe Temperatureinwirkung verringert sich der Wassergehalt der Bohne und es kommt zu einem Gewichtsverlust von 11 bis 20 %. Die ursprüngliche Zellstruktur löst sich auf, die Bohne platzt auf und das Volumen der Bohne nimmt zwischen 50 und 100 % zu, was je nach Sorte variiert. Ebenso verändert sich die Farbe von grün oder silbergrau bis hin zu einem schönen Kaffeebraun [TEUFL und CLAUS, 1998; FRANZKE, 1996].

Tab. 1: Charakteristische Veränderungen der Kaffeebohnen beim Röstprozess in Abhängigkeit von der Temperatur [TSCHEUSCHNER, 2004].

Rösttemperatur	Charakteristische Veränderungen
130 – 140 C°	Gelbfärben der Bohnen Beginn der Volumenzunahme CO ₂ -Bildung beginnt
140 – 190 C°	Pyrolytische Zersetzung von Kohlenhydraten und Eiweißstoffen CO ₂ -Bildung wird verstärkt Erreichung des maximalen Volumenzuwachses Strukturänderung
200 – 230 C°	Durchröstung ohne weitere Wärmezufuhr durch exothermen Charakter der pyrolytischen Reaktion
über 230 C°	Beginnende Verkohlung

Neben den sichtbaren äußerlichen Veränderungen, kommt es durch das Rösten und den dabei herrschenden hohen Temperaturen, zu chemischen Reaktionen im Inneren der Bohnen. Durch diese chemischen Prozesse werden typische Aroma- und Geschmacksstoffe (ätherische Öle, Kaffeeöle) und andere Röstprodukte, wie Furfurole, Essigsäuren, Purinderivate und Phenole, gebildet. Stärke wird in Zucker verwandelt und dieser karamellisiert. Zucker und Proteine

bilden komplexe aromatische Verbindungen, es kommt zur so genannten Maillardreaktion. Weiters werden organische Säuren gebildet oder abgebaut. Am Ende der Röstung treten die Kaffeeöle aus den Zellwänden an die Bohnenoberfläche, überziehen diese mit einem glänzenden Überzug und fungieren als Geschmacksträger [EDELBAUER, 2003; THORN, 1999; TEUFL und CLAUSS, 1998].

Mit einem helleren Röstgrad werden die Aromafacetten und die Fülle des Kaffees ideal betont, bei stärkeren Röstungen schmeckt dieser würziger, kräftiger, karamellisierter, stärker und schärfer. Wenn man einen Kaffee jedoch überröstet schmeckt dieser verbrannt und dünn (Tab. 2) [THORN, 1999; TEUFL und CLAUSS, 1998].

Tab. 2: Röstgrade von Kaffee [THORN, 1999].

Röstgrade	Farbe	Beschreibung
Helle Röstung	hellbraun	blasse oder Zimt-Röstung
Mittlere Röstung	braun bis mittelbraun	Frühstücksröstung, amerikanische Röstung
Starke Röstung	dunkelbraun	Wiener Röstung, helle französische Röstung
Doppelte Röstung	sehr dunkelbraun	Kontinental-Röstung, französische Röstung
Italienische Röstung	fast schwarz	Espresso-Röstung

Nach dem Röstvorgang, wenn die gewünschte Röstfarbe erreicht wurde, wird dieser automatisch über eine Temperatursonde oder manuell abgebrochen. Der Röstkaffee wird aus der Trommel in ein Kühsieb geleitet und über Luftzug gekühlt. Um diesen Kühlvorgang zu beschleunigen, gibt es das so genannte „*Spritzen*“ mit Wasser, wobei dies die Kaffeequalität gravierend beeinträchtigt. Die geröstete Bohne nimmt Wasser auf, was zu einem höheren Gewicht und somit auch Ertrag für die Röstereien führt. Im Gegenzug dessen kommt es jedoch zu einem Verlust von leicht flüchtigen Aromastoffen, Einbußen im

Geschmack und zu einer höheren chemischen Instabilität der Bohnen [EDELBAUER, 2003].

2.5. Die Lagerung

Rohkaffee kann lange gelagert werden, ohne dass er Verluste im Aroma und Geschmack erfährt. Erst nach dem Rösten und Mahlen wird Kaffee instabil, da er eine größere Oberfläche hat und verliert bei unsachgemäßer Lagerung schnell sein Aroma. Das Optimum wäre jeweils nur kleine Mengen an Rohkaffee zu kaufen, diese Bohnen dann selbst zu rösten und erst kurz vor der Zubereitung des Kaffees zu mahlen. Die gesetzlich vorgeschriebene Lagerdauer von Kaffee beträgt in Österreich 18 Monate, unabhängig ob dieser gemahlen oder in ganzen Bohnen verpackt wurde. Meist ist der Konsument gezwungen, bereits fertig geröstete Bohnen in größeren Mengen zu kaufen, dies erfordert eine entsprechende Lagerung.

Tabelle 3 zeigt die empfohlene maximale Lagerdauer von Kaffee:

Tab. 3: Richtwerte für die empfohlene maximale Lagerdauer von Kaffee [FRANZKE, 1996].

Kaffeeart	Lagerdauer (max.)
Rohkaffee	2 Jahre
Geröstete Bohnen (Normalverpackung)	2 Monate
Gemahlener Kaffee (Vakuumverpackung)	6 Monate
Gemahlener Kaffee (angebrochene Verpackung)	1 Woche

Wasser, Luft, Licht und Fremdgerüche haben hierbei den größten Einfluss auf die Qualität des Kaffees. Da die ätherischen Öle des Kaffees wasserlöslich sind und flüchtige Aromastoffe sich mit Sauerstoff verbinden, kommt es dadurch zu massiven Geschmacks- und Aromaeinbußen. Außerdem hat gemahlener Kaffee eine weitaus größere Oberfläche als ganze geröstete Bohnen und so

verdunsten durch Sauerstoffeinfluss die ätherischen Öle und wertvolle Aromastoffe deutlich schneller. Weiters sollte Kaffee nie in der Nähe von Produkten mit intensivem Geruch gelagert werden, da dieser andere Düfte und Aromen annimmt und einen Fremdgeruch bzw. –geschmack ausbildet. Am Besten bewahrt man den Kaffee in einer sauberen, luftdichten und lichtundurchlässigen Dose auf, die nur dem Kaffee vorbehalten ist [THORN, 1999; TEUFL und CLAUSS, 1998].

Ebenso hat die Verpackung einen besonderen Einfluss auf die Qualität des Kaffees. Ein weiterer Aspekt hier sind die Wirtschaftlichkeit und der Umweltgedanke, diese haben einen großen Einfluss auf die Verpackungspolitik vieler Kaffeeunternehmen. Heute verwendet man spezielle Einweg-Schlauchtüten mit einem „Aromaschutz“. Jede dieser Vakuum-Tüten ist mit einem speziellen Ventil versehen, welches das Kohlendioxid das die röstfrischen Bohnen freisetzen nach Außen entweichen, jedoch den Sauerstoff von Außen nicht ins Innere der Verpackung dringen lässt. Auf jeden Fall sollte man sobald eine Packung geöffnet ist, diese so schnell wie möglich verbrauchen und den Kaffee nicht noch länger lagern als nötig [THORN, 1999].

2.6. Zubereitungsarten von Kaffee

Um einen guten Kaffee zu erhalten, muss man für die verschiedenen Zubereitungsarten jeweils unterschiedliche Vorbereitungen treffen. Man muss zum Beispiel die Mahlung anpassen, wobei jede Zubereitungsmethode einen anderen Mahlgrad verlangt. Die verschiedenen Mahlgrade sind pulverisiert, sehr fein, fein, mittelfein, mittelgrob und grob [THORN, 1999]. Ebenso muss die Bohenauswahl sehr sorgfältig gewählt werden, da diese maßgeblich zur Qualität des fertigen Kaffeegetränks beiträgt. Des Weiteren spielen die Lagerung und die Lagerdauer des Kaffees, die Wasserqualität und –härte, die

Dosierung des Pulvers und der Druck bzw. die Durchlaufzeit beim Brühen eine große Rolle [EDELBAUER, 2003; THORN, 1999; TEUFL und CLAUSS, 1998].

Im Großen und Ganzen ist die gängigste Zubereitungsart von Kaffee die Filtermethode, wobei Espresso und Mokka in der Schweiz 31 % und in Italien fast 100 % der konsumierten Kaffeegetränke ausmachen. Kaffee kochen ist hingegen in der Türkei, Griechenland und den arabischen Ländern weit verbreitet [DÓREA und DA COSTA, 2005].

2.6.1. Filterkaffee

Die weitaus beliebteste Zubereitungsmethode ist das Filtersystem, welches vom Franzosen M. DE BELLOY erfunden wurde. Filterkaffee wird entweder manuell mit einer Kaffeekanne als Auffangbehälter und einem draufgesetzten Filtersystem mit Papier oder mit Hilfe einer handelsüblichen Haushaltskaffeemaschine zubereitet. Grundsätzlich ist das Prinzip dieser Methode relativ einfach. Es wird einfach heißes Wasser über das grob gemahlene Kaffeepulver gegossen, das Kaffeemehl wird aufgewirbelt, mit heißem Wasser intensiv umspült und mit Hilfe der Schwerkraft tropft der fertige Kaffee in die darunter stehende Kanne. Bei der Filterkaffe Zubereitung kann man verschiedene Filterarten verwenden, zu diesen zählen der Papierfilter, Metallfilter, Karlsbader Porzellanfilter und der Flachfilter.

Während der Zubereitung löst das Wasser Aromastoffe und das Kaffeeflavor kann sich so richtig entfalten. In dem man die Menge des Pulvers und die Wassermenge variiert, lässt sich die Stärke des Kaffeegetränks gut einstellen. Eine Empfehlung für die richtige Dosierung des Kaffeemehls lautet 10 g pro Tasse und für jede weitere Tasse nochmals 6 g dazu. Ob der richtige Mahlgrad gewählt wurde, lässt sich anhand der Tropfgeschwindigkeit des Durchlaufs während der Zubereitung erkennen [TEUFL und CLAUSS, 1998; EDELBAUER, 2003; THORN, 1999].

2.6.2. Espresso

Das Wort Espresso stammt aus dem Italienischen und bedeutet soviel wie „ausdrücken“. Die Etymologische Bezeichnung Espresso mit „X“ und dem Sinn „schneller Kaffee“ ist falsch, aber im deutschen Sprachgebrauch gängig [<http://de.wikipedia.org/wiki/Espresso>, 16.06.2010]. Der Wortstamm sagt sehr viel über die Zubereitung eines Espressos aus, denn er wird unter Druck bei etwa 84 bis 92 Grad Celsius zubereitet. Man verwendet eine sehr feine Mahlung und anschließend presst eine Maschine heißes Wasser mit Hochdruck durch das stark komprimierte Kaffeemehl. Das Resultat dieses Zubereitungsprozesses ist ein konzentriertes Getränk, das lösliche Bestandteile sowie gut verteilte feine winzige Öltröpfchen und Aromastoffe enthält. Diese verleihen dem Espresso seinen typischen Geschmack und Geruch. Durch den Druck kommen die Inhaltsstoffe der verwendeten Bohnen konzentriert zur Geltung. Eine einwandfreie gute Espresso-Qualität wird durch einen süßen und bitteren Geschmack mit einer leicht sauren Note, starkem vollen Körper und einem kräftigen Aroma charakterisiert.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Espressos haben die Aufbereitung der Bohnen, die gewählte Kaffeesorte, der Röstgrad (beim Espresso meist dunkler) und der feine Mahlgrad. Außerdem ist bei der Espresso-Zubereitung auf die richtige Wassertemperatur und den hohen Druck zu achten. Ein ganz besonderes Merkmal des Espressos ist die *Crema*. Dies ist eine dichte, haselnussbraune Schaumschicht, die sich auf der Oberfläche des Kaffeegetränks befindet und durch den Druck hervorgerufen wird [ILLY, 2004; TEUFL und CLAUSS, 1998; ESTEBAN-DÍEZ et al., 2004].

Espresso ist die häufigste Zubereitungsart für Kaffee in Südeuropa, speziell in Italien, Spanien, Portugal und Frankreich [<http://de.wikipedia.org/wiki/Espresso>, 16.06.2010].

2.7. Die Hauptinhaltsstoffe

Die Konzentration und Menge der Inhaltsstoffe im Kaffee hängen von den verschiedensten Faktoren ab. Zu diesen Faktoren zählen die Kaffeesorte, die Wachstumsbedingungen, die Anbauggebiete, das Röstverfahren und auch die Zubereitung. So haben *Coffea arabica* und *Coffea canephora* var. *robusta* ihre ganz besonderen Eigenheiten. Während des Röstverfahrens kommt es zu Veränderungen in der Bohne, sowohl beim Gewicht, Volumen und den Inhaltsstoffen. Ebenso ändert sich die Struktur der Bohne. Einige Stoffe werden zerstört und völlig neue Bestandteile können entstehen. Bei der Angabe von Hauptinhaltsstoffen geht man daher immer von Mittelwerten aus. Wenn man die genaueren Mengen und Konzentrationen wissen möchte, muss man jede Sorte aus jedem Jahrgang analysieren [HESSMANN-KOSARIS, 2006; EDELBAUER, 2003].

In der folgenden Tabelle werden die Unterschiede und Veränderungen der Inhaltsstoffe im Arabica und Robusta vor und nach der Röstung aufgezeigt (Tab. 4).

Tab. 4: Die Inhaltsstoffe von Kaffee (% Trockenmasse) [SCHARF, 2001].

Inhaltsstoffe (% TM)	Arabica		Robusta	
	Grün	Geröstet	Grün	Geröstet
Kohlenhydrate	58,9	38,3	60,8	42,3
Proteine	9,8	7,5	9,5	7,5
Freie Aminosäuren	0,5	0,0	0,8	0,0
Lipide	16,2	17,0	10,0	11,0
Wasser	8 – 12	0 – 5	8 – 12	0 – 5
Koffein	1,2	1,3	2,2	2,4
Trigonellin	1,0	1,0	0,7	0,7
Chlorogensäure	6,5	2,5	10,0	3,8

Inhaltsstoffe (% TM)	Arabica		Robusta	
	Grün	Geröstet	Grün	Geröstet
Aliphatische Säuren	1,5	2,4	1,6	2,6
Mineralien (K, Na; Mg)	4,2	4,5	4,4	4,7
Flüchtige Aromastoffe	in Spuren	0,1	in Spuren	0,1
Karamellisierungs- und Kondensationsprodukte	-	25,4	-	25,9
Total	100	100	100	100

2.7.1. Kohlenhydrate

Die rohe Kaffeebohne enthält etwa zwei Drittel an Kohlenhydraten (~ 60 %), wobei sich der Anteil nach der Röstung auf ca. 40 % reduziert. Davon liegen ein Viertel in wasserlöslicher und drei Viertel in unlöslicher Form vor. Zu den wasserunlöslichen Polysacchariden zählen vor allem Cellulose, Arabane, Galactane und Mannane. Die Monosaccharide Glukose, Fructose und Arabinose und das Disaccharid Saccharose sind meist nur in Spuren enthalten. Lösliche Polysaccharide kommen ebenso nur in geringen Mengen vor und werden während des Röstprozesses abgebaut oder in andere Verbindungen umgewandelt. Die Änderungen in der Zusammensetzung der Kohlenhydrate während des Röstprozesses, entstehen meist durch die Bildung von farb-, aroma-, und geschmacksgebenden Maillard-, Karamellisierungs- und Pyrolyseprodukten sowie durch die Hydrolyse [EDELBAUER 2003; HESSMANN-KOSARIS, 2006; FRANZKE, 1996].

2.7.2. Proteine

Proteine sind zu zirka einem Zehntel im Rohkaffee enthalten, wobei etwa ein Drittel davon an die Kohlenhydrate der Zellwand gebunden ist. Der Rest besteht aus gelösten Enzymen, die einen wesentlichen Einfluss auf die Fruchtentwicklung haben. Die einzelnen Bausteine der Proteine, die Aminosäuren und deren Zusammensetzung, bestimmen den Gehalt an flüchtigen Verbindungen und somit auch die aromabestimmenden Komponenten. Ebenso wichtig für das Aroma des Kaffees sind auch die biogenen Amine, wie zum Beispiel die Diamine *Spermidin*, *Spermin* und *Putrescin*. Diese werden zwar durch den Röstprozess zerstört, aber es bilden sich daraus heterocyclische Verbindungen, die zum charakteristischen Kaffeearoma beitragen. Eine zulange und unsachgemäße Lagerung lässt diese Stoffe entweichen, wobei der Kaffee schal wird [RÖHM, 2003; HESSMANN-KOSARIS, 2006].

2.7.3. Fette

Triacylglycerole machen mit 75 % den größten Teil der Lipide im Kaffee aus. Der Anteil an freien Fettsäuren (FFA = free fatty acids) beträgt nur etwa 1 % der Gesamtlipide. Die Qualität des Kaffees wird vor allem durch die Öle und Wachse beeinflusst, die Öle verbessern das Aussehen der Bohne, beeinträchtigen jedoch auch die Haltbarkeit des Röstkaffees und können bei unsachgemäßer längerer Lagerung für einen ranzigen Geschmack sorgen.

Die FFA werden bei der Lipolyse freigesetzt und noch vor den veresterten Fettsäuren oxidiert. Diese Lipidoxidation wird größtenteils von der Temperatur, der Anwesenheit von Sauerstoff und der Wasseraktivität beeinflusst. In einer Studie von VILA et al. (2005) in der der Abbau zu freien Fettsäuren im Kaffee über einen Zeitraum von 180 Tagen untersucht wurde, konnte festgestellt

werden, dass die Konzentration an FFA in der Arabica-Robusta-Mischung (80:20) von Beginn an höher war als bei der reinen Arabica-Sorte und der Gehalt an FFA auch schneller anstieg.

Die Wachse, die die Oberfläche der Bohnen überziehen, werden beim Polieren größtenteils entfernt. Die Reste der Kaffeewachse werden beim Röstvorgang in *Kresole* und *Indole* umgewandelt, welche wiederum das Aroma negativ beeinflussen. Gemeinsam mit den Lipiden kommen im Kaffee auch die Diterpene *Cafestol* und *Kahweol* (Abb. 3) vor, die dafür verantwortlich gemacht werden nach dem Kaffeegenuss einen erhöhten Cholesterinspiegel zu erzeugen [RÖHM, 2003; VILA et al., 2005; HESSMANN-KOSARIS, 2006].

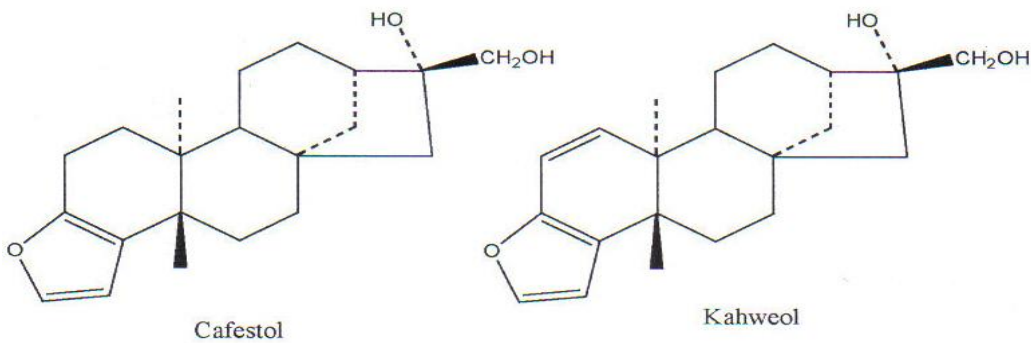


Abb. 3: Strukturformeln von Cafestol und Kahweol [EBERMANN und ELMADFA, 2008].

Bei verschiedenen Arabica-Sorten liegt das Verhältnis von *Cafestol* zu *Kahweol* zwischen 40:60 und 70:30. Im Robusta-Kaffee ist *Kahweol* in nur ganz geringen Mengen vorhanden. 16-O-Methylcafestol jedoch findet man nur in Robusta (Tab. 5). Die unterschiedliche Zusammensetzung und Konzentration der Diterpene kann als Qualitätskontrolle herangezogen werden. Es kann festgestellt werden, ob dem teureren Arabica-Kaffee billige Robustabohnen beigemischt wurden. Beide Diterpene *Cafestol* und *Kahweol* werden beim Röstvorgang fast gänzlich abgebaut und machen in gerösteten Kaffeebohnen nur mehr 10 – 15 % des Lipidanteils aus [SCHARF, 2001].

Tab. 5: Diterpene im grünen Kaffee (%Trockenmasse) [SCHARF, 2001].

DITERPENE	Arabica	Robusta
Cafestol	0,55 – 0,95	0,19 – 0,23
Kahweol	0,31	nicht vorhanden oder nur in Spuren
16-O-Methylcafestol	nicht vorhanden	0,07 – 0,15

Die einzelnen Zubereitungsarten von Kaffee ergeben unterschiedliche Konzentrationen an Diterpenen im fertigen Getränk. Instant- und Filterkaffee enthalten nur geringe Mengen, während eine hohe Konzentration in gekochten, türkischen oder griechischen Kaffee zu finden ist. Espresso und Mokka liegen hier im Mittelfeld [DÓREA und DA COSTA, 2005].

2.7.4. Wasser

Der Wassergehalt einer vollreifen Kaffeekirsche liegt bei ca. 65 %. Wobei die rohen Kaffeebohnen zwischen 6 und 13 % Wasser enthalten. Beim Röstprozess geht der größte Teil davon verloren. Der Wassergehalt im gerösteten Kaffee beträgt meist zwischen 0,5 und 2,5 %. Nach dem Rösten nimmt der Kaffee wieder Feuchtigkeit auf, der Wassergehalt darf jedoch den gesetzlich festgelegten Grenzwert von 5 % nicht mehr überschreiten. Diese Grenzen sind besonders wichtig, da beim Abbrechen des Röstvorgangs meist mit Wasser „gespritzt“ wird. Es kommt zu einer Beeinträchtigung der Kaffeequalität, einer Gewichtssteigerung bei verringerter Ausbeute, einem Verlust an Kohlensäuren und flüchtigen Aromastoffen und zu einer höheren chemischen Instabilität [EDELBAUER, 2003; HESSMANN-KOSARIS, 2006].

2.7.5. Organische Säuren

Die im Kaffee enthaltenen Säuren sind für dessen Geschmacksfülle verantwortlich. Wenn der Kaffee zu lange geröstet wird, werden dadurch die im Kaffee enthaltenen Säuren beinahe vollständig verbrannt und der Kaffee schmeckt leblos und flach. Im Gegensatz dazu schadet es dem Aroma, wenn ein Kaffee zu viele Säuren hat, diese können bei Konsumenten mit überempfindlichen Magen Beschwerden hervorrufen. In den Kaffeebohnen sind bis zu 80 verschiedene Säuren enthalten, wobei die Chlorogensäure den größten Anteil daran trägt. Zu den anderen Säuren, die im Kaffee enthalten sind, zählen die Zitronen-, Apfel-, Essig- und die Chinasäure. Neben ihren geschmacksgebenden Eigenschaften wirken die organischen Säuren auch verdauungsfördernd, weswegen in vielen Ländern Kaffee als Digestif gereicht wird [TEUFL und CLAUSS, 1998].

ILLY und VIANI (1998) teilten die organischen Säuren im Kaffee wie folgt ein:

- *Flüchtige, aliphatische Säuren*: Ameisensäure und Essigsäure, diese werden erst am Ende des Röstprozesses gebildet.
- *Nichtflüchtige, aliphatische Säuren*: Milch-, Wein-, Zitronen- und Brenztraubensäure.
- *Nichtflüchtige Polykarbonsäuren und ihre Chinasäureester*: Zu dieser Untergruppe zählen die Chlorogensäuren und deren Derivate. Sie sind in keinem anderen Lebensmittel so hoch konzentriert wie im Kaffee. Ihr Gehalt schwankt zwischen 6 – 7 % im Arabica-Kaffee und ca. 10 % im Robusta-Kaffee [PEKLAR, 2001].

2.7.6. Alkaloide

Zu den im Kaffee hauptsächlich vorkommenden Alkaloiden zählen die Purinalkaloide *Koffein*, *Theobromin*, *Theophyllin* (Abb. 4) und *Allantoin* und das Pyridinalkaloid *Trigonellin* [EBERMANN und ELMADFA, 2008].



Abb. 4: Strukturformeln der Purinalkaloide [BALTES, 2007].

2.7.6.1. Koffein

Der wichtigste und mengenmäßig bedeutendste Wirkstoff des Kaffees ist das *Koffein* (Abb. 4), dessen exakte chemische Bezeichnung 1,3,7-Trimethylxanthin lautet. Das *Koffein* unterscheidet sich, von den beiden anderen hauptsächlich in Kakao und Tee vorkommenden Alkaloiden *Theobromin* und *Theophyllin*, nur durch die Anzahl der vorhandenen Methylgruppen. *Koffein* ist ein Bitterstoff und trägt somit maßgeblich zum bitteren Geschmack von Kaffee bei. Im Körper hemmt es biochemisch die Phosphodiesterase, aktiviert durch diesen Hemmprozess die Adenylatcyclase und erhöht somit die Zellkonzentration des cAMPs. Physiologisch wirkt dieser biochemische Prozess als zentrales Stimulans, vor allem auf das Zentralnervensystem (ZNS), aufgrund dessen die Kaffeetrinker wachsender und konzentrierter sind. Im Gegensatz zur Wirkung des *Koffeins* auf das ZNS stimulieren die beiden anderen Purinalkaloide *Theobromin* und *Theophyllin* stärker die peripheren Organe. *Koffein* ist ein Inhaltsstoff der in vielen tropischen Pflanzen, meist nichtverwandter

Pflanzenfamilien, vorkommt. Am höchsten Konzentriert liegt *Koffein* im Samen der Guaranapflanze vor [EBERMANN und ELMADFA, 2008].

Die Wirkung des *Koffeins* zeichnet sich dadurch aus, dass es das Müdigkeitsgefühl unterdrückt, einen klareren Gedankenfluss und eine schnellere Assoziationsfähigkeit fördert. Dieser angeregte Zustand hält zirka ein bis fünf Stunden nach dem Genuss des Kaffees an, wobei auch sportliche Leistungen durch regelmäßigen Konsum verbessert werden können. Außerdem hat *Koffein* einen positiven Einfluss auf die Verdauung, wirkt harntreibend, ermöglicht eine schnellere Lipolyse, erweitert die Herzkranzgefäße und fördert die Herzkontraktion.

Als Nebenwirkungen bei zu hohem Koffeinkonsum zählen Nervosität, Reizbarkeit, Unruhe, Angstgefühle mit Schweißausbrüchen, Schlafstörungen, Herzrasen, Bluthochdruck und gastrointestinale Störungen bis hin zu Krämpfen bei der Aufnahme von extrem hohen Dosen. Diese negativen Symptome klingen jedoch nach Abbau des Alkaloids wieder ab. Die letale Dosis von *Koffein* für Erwachsene liegt bei etwa 11 g, wobei eine Aufnahme von solch toxischen Mengen nahezu unmöglich ist. Bei Kleinkindern und Kindern ist jedoch größere Vorsicht geboten.

Abhängig von der verwendeten Kaffeesorte und der Zubereitungsart werden sehr unterschiedliche Angaben zur durchschnittlichen Koffeinaufnahme gemacht. Anhand einiger Studien geht man von Tagesmengen von 250 mg bis 650 mg *Koffein* aus.

Kaffeeentzug und somit eine fehlende Aufnahme von *Koffein* kann Entzugserscheinungen auslösen. Dazu zählen Kopfschmerzen, Müdigkeit, Reizbarkeit, Erregbarkeit, Angstgefühle, Beklemmung, Benommenheit und in extremsten Fällen kann der Entzug auch zu Depressionen führen [EDELBAUER, 2003; TEUFL und CLAUSS, 1998; KERSTING, 2003; GREENBERG et al., 2006; NEHLING, 2000].

2.7.6.2. Theobromin und Theophyllin

Das *Theobromin* ist das Hauptalkaloid im Kakao, mit einem mengenmäßigen Anteil von 1 bis 3,5 % und seine chemische Bezeichnung ist 3,7-Dimethylxanthin. Im Kaffee kommt dieses Alkaloid nur in geringen Mengen vor. *Theobromin* hat eine ähnliche Wirkung wie das *Koffein* nur deutlich schwächer. Es wirkt jedoch stärker harntreibend als *Koffein* und hat eine relaxierende Wirkung auf die glatte Muskulatur der Bronchien.

Im Gegensatz zum *Theobromin* kommt *Theophyllin* (Abb. 4) hauptsächlich zu etwa 0,1 % in den Blättern des Teestrauches vor. Es wirkt vor allem stimulierend auf das Zentralnervensystem, bei seiner Wirkung auf das Herz und die Diurese übersteigt es den Effekt von *Koffein*. Im Kaffee sind die beiden Purinalkaloide *Theobromin* und *Theophyllin* nur in sehr geringen Mengen enthalten [EBERMANN und ELMADFA, 2008; BALTES, 2007].

2.7.6.3. Trigonellin

Weiters gehört das Pyridinalkaloid *Trigonellin* zu den typischen Inhaltsstoffen von Kaffee, wobei es im Rohkaffee zu 1 – 1,5 % enthalten ist. Das *Trigonellin* ist ein Derivat der Nicotinsäure. Beim Rösten wird es zum Teil zerstört und setzt dabei das Vitamin Niacin frei, wobei dies ein Sammelname für Nicotinsäureamid (Nicotinamid) und Nicotinsäure ist. CASAL et al. (2000) fanden in ihrer Studie heraus, dass der Verlust von *Trigonellin* während des Röstprozesses stark abhängig vom Röstgrad war und verbunden mit der Bildung an Nicotinamid. Wobei eine höhere Degradation beim Arabica im Gegensatz zum Robusta gefunden wurde. Der Organismus kann diese Formen ineinander umwandeln, wobei die aktive Wirkform das Nicotinamid ist. Durch den Konsum einer Tasse Kaffee pro Tag können bereits 5 % des Tagesbedarfs gedeckt werden [CASAL et al., 2000; ELMADFA und LEITZMANN, 2004; DÓREA und DA COSTA, 2005; RÖHM, 2003].

2.7.7. Polyphenole

Polyphenole kann man ihrer Struktur nach in zwei Gruppen einteilen und zwar in Flavonoide und Phenolcarbonsäuren. Diese können wiederum in Untergruppen gegliedert werden. Den Hauptteil an Polyphenolen im Kaffee stellen die Phenolcarbonsäuren, speziell die Hydrozimsäuren, dar. Diese machen auch den größten Anteil an Antioxidantien im Kaffee aus [BITSCH, 1999].

2.7.7.1. Chlorogensäure

Die Chlorogensäuren (CGA = chlorogenic acids, Abb. 5) sind die am häufigsten vorkommenden Hydrozimsäurederivate im Kaffee. Die Untergruppen der Chlorogensäuren setzen sich zu 98 % aus Chinasäure verestert mit Kaffee- oder Ferulasäure (Abb. 5) zusammen. Davon gibt es

- drei Caffeoylchinasäureisomere (CQA): 3-CQA, 4-CQA, 5-CQA
- drei Feruoylchinasäureisomere (FQA): 3-FQA, 4-FQA, 5-FQA und
- drei DicaFFEoylchinasäureisomere (diCQA): 3,4-diCQA, 3,5-diCQA, 4,5-diCQA,

welche in verschiedenen Mengen und Konzentrationen in der Kaffeebohne enthalten sind [CAMPA et al., 2005; FARAH und DONANGELO, 2006; FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008; RECHNER et al., 2001; RECHNER et al., 2002].

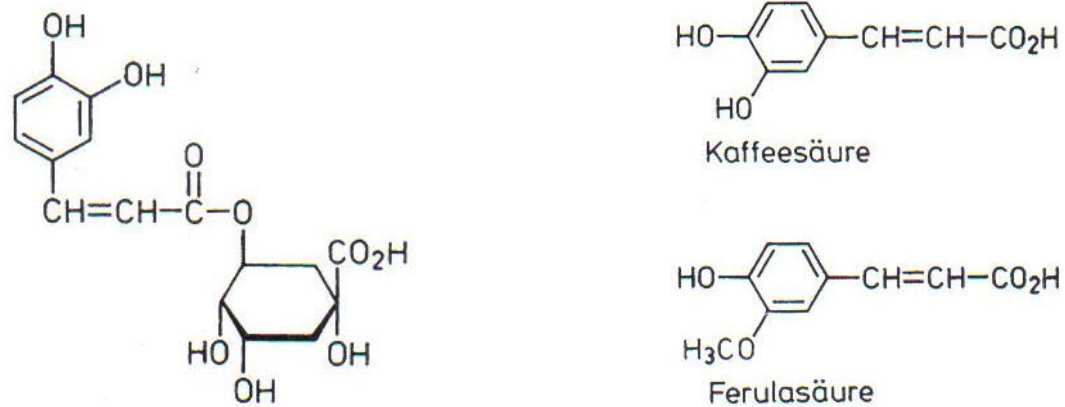


Abb. 5: Strukturformeln der Chlorogensäure, Kaffee- und Ferulasäure [BALTES, 2007].

Der Gehalt der unterschiedlichen Chlorogensäure-Isomere im Kaffee beträgt in absteigender Reihenfolge: 5-CQA > 4-CQA > 3-CQA > 5-FQA > 4-FQA > 3-FQA > 3,4-diCQA > 4,5-diCQA > 3,5diCQA.

5-CQA macht mit 36 - 42 % den Hauptteil der gesamten in einer Kaffeebohne enthaltenen Chlorogensäuren aus [FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008].

Die Chlorogensäure (Abb. 5) ist, neben seiner antioxidativen Wirkung, auch für negative Nebenwirkungen bei übermäßigem Kaffeegenuss verantwortlich. Dazu zählen vor allem Reflux-Symptome und Magenbeschwerden.

Bei einer Untersuchung von 21 verschiedenen Arabica- und Robusta-Rohbohnen kam heraus, dass es sehr große Unterschiede im Chlorogensäuregehalt bezogen auf das Trockengewicht gibt. Die Chlorogensäurekonzentration variierte zwischen 0,8 % und 11,9 % [FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008].

Durchschnittlich beträgt die tägliche Aufnahme von Chlorogensäure bei Kaffeetrinkern zwischen 0,5 g und 1 g, während diese bei Nicht-Kaffeetrinkern bei unter 0,1 g pro Tag liegt. Durch ihr antioxidatives Potential können der Chlorogensäure jedoch auch gesundheitsfördernde Aspekte zugeschrieben werden, wie zum Beispiel die Verhinderung von DNA-Schäden, kardioprotektive, hepatoprotektive, hypoglykämische und antivirale Effekte [FARAH und DONANGELO, 2006; JOHNSTON et al., 2003; OLTHOF et al.,

2001]. Während der Kaffeeverarbeitung werden die CGA, die bis zu 14 % der Trockenmasse grüner Kaffeebohnen ausmachen, isomerisiert, hydrolysiert oder in niedermolekulargewichtige Verbindungen abgebaut. Speziell bei den hohen Temperaturen, die während des Röstprozesses herrschen, findet eine Umwandlung von einem Teil der CGA in Quinolaktone und Melanoidine statt [FARAH und DONANGELO, 2006].

Die Chlorogensäure hat auch einen Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften von Kaffee, speziell auf die Stärke der Bitterkeit, der Adstringenz und der Abgestandenheit, wobei auch andere Faktoren und Inhaltsstoffe diese beeinflussen [MÜLLER RISSO et al., 2007]. Der bittere Geschmack und Nachgeschmack wird vor allem dem *Koffein* zugeschrieben, bei den Chlorogensäureisomeren jedoch der Dichlorogensäure. Durch die Bitterkeit wird auch die Adstringenz maßgeblich beeinflusst und diese hatte bei sensorischen Untersuchungen einen negativen Effekt auf das allgemeine Aroma [NEBESNY und BUDRYN, 2006; BICCI et al., 1997].

2.7.7.1.1 Absorption von Chlorogensäuren

Die Absorption der Chlorogensäure (CGA), dem wichtigsten Antioxidans im Kaffee, ist den Wissenschaftlern bis heute noch ein Rätsel und bis dato nicht vollständig geklärt. Laut OLTHOF et al. (2003) erreichen etwa 2/3 der aufgenommenen CGA den Darm. Dort werden sie anschließend durch die Mikroflora im Colon resorbiert und zu Kaffeesäure und Chinasäure hydrolysiert.

- Die Kaffeesäure wird weiter von den Darmbakterien dehydroxyliert und nach der Absorption durch β -Oxidation hauptsächlich zu Benzoesäure umgewandelt.

- Die Chinasäure wird in Cyclohexan-Carboxylsäure dehydroxyliert, welche von der Darmmikroflora weiter zu Benzoessäure umgewandelt oder Benzoessäure nach der Absorption der Chinasäure in den Zellgeweben aus dieser gebildet wird.

Es gibt auch noch einen zweiten parallelen Metabolismus, wobei das intakte Chlorogensäure Molekül im Dünndarm resorbiert wird und in der Leber weiter verstoffwechselt wird. Dieser spielt jedoch keine so große Rolle.

Nach der Dehydroxylierung zu Benzoessäure, wird diese mit Glycin konjugiert und später als Hippursäure über die Niere mit dem Urin ausgeschieden (Abb. 6) [OLTHOF et al., 2003].

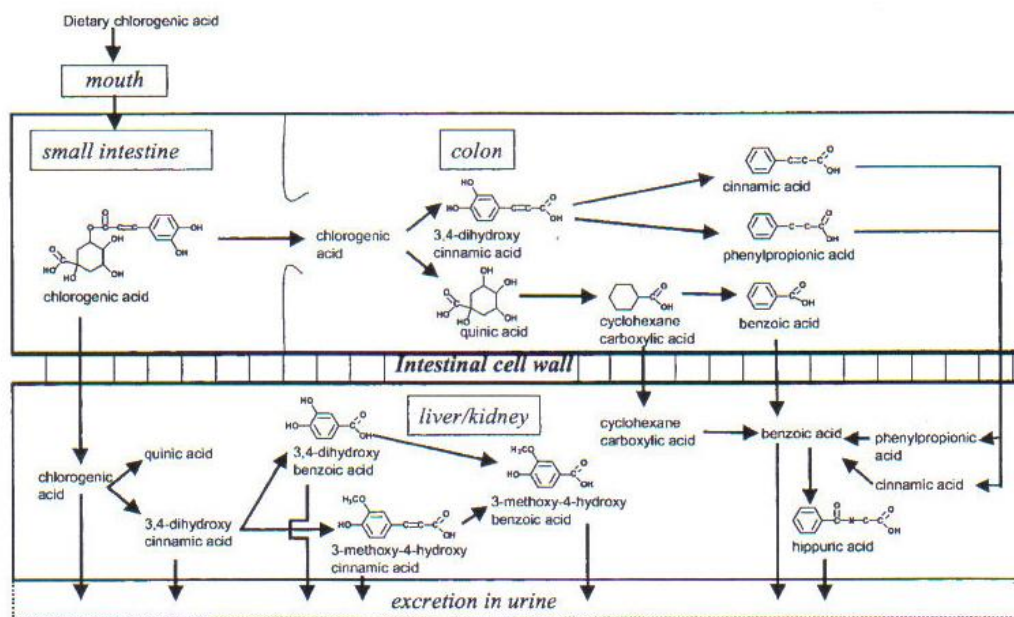


Abb. 6: Metabolismus der Cholorogensäure beim Menschen [OLTHOF et al., 2003].

Auch RECHNER et al. (2002) beschrieben einen ähnlichen Metabolismus. Dabei wird die Hydrozimtsäure in der Mikroflora des Colons durch die Esterase-Aktivität gespalten und die freien Säurereste werden danach absorbiert. Es wird ein weiterer Abbau durch die Darmflora beschrieben, wobei Dihydroferulasäure, 3-Hydroxyhippursäure oder Hippursäure gebildet werden.

2.7.8. Antioxidantien

Antioxidantien sind essentielle Bestandteile der Nahrung, denen eine antikanzerogene und entzündungshemmende Wirkung nachgesagt wird. Weiters bieten sie Schutz vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Zu ihren Aufgaben zählt, die freien Radikale im Körper abzufangen und damit Zellschäden zu verhindern. Freie Radikale und aggressive Sauerstoffverbindungen sind extrem reaktionsfähige Moleküle oder Atome, die sehr rasch reagieren. Reaktive Sauerstoffspezies entstehen in mehreren Schritten während der Reduktion von Sauerstoff zu Wasser endogen und durch sekundäre Reaktionen mit Protonen. Endogene Quellen der Radikalentstehung sind die oxidative Energiegewinnung in den Mitochondrien, die Phagozytose in den Phagozyten, die Arachidonsäurekaskade und in den Peroxisomen. Sie entstehen außerdem während sportlicher Betätigung und speziell bei Entzündungsprozessen. Wenn der Organismus selbst diese Superoxidradikale bildet, reagieren verschiedene körpereigene Stoffe mit molekularem Sauerstoff zu $O_2^{\cdot-}$ -Radikalen. Es gibt jedoch auch exogene Quellen und Umweltfaktoren, die die Entstehung freier Radikale begünstigen, dazu zählen Zigarettenrauch, UV-Strahlung, Ozon, ionisierte Strahlung, Ultraschall, Umweltschadstoffe, Medikamente, Pestizide, Anästhetika und einige Lösungsmittel. Zu den wichtigsten Radikalen zählen das Superoxidanion-Radikal ($O_2^{\cdot-}$), das Hydroxyl-Radikal (OH^{\cdot}), das Stickoxyd-Radikal (NO^{\cdot}) und Lipid-Peroxy-Radikal (LOO^{\cdot}). Die Radikalbildung generell ist unvermeidbar [DUTHIE und BELLIZZI, 1999; ELMADFA und LEITZMANN, 2004; REIS et al., 2007].

Die Antioxidantien haben nun die Aufgabe, die vorhandenen überschüssigen Radikale zu entfernen. Diese Radikalfänger hemmen die Oxidation von Zellbestandteilen. Sie fangen die Sauerstoff- und Stickstoffspezies direkt ab, bauen Lipidperoxide zu nicht radikalen Produkten ab und bilden Chelate mit Metall-Ionen. Es gibt enzymatische und nicht-enzymatische Abwehrmechanismen. Ein System von Enzymen bildet die enzymatische

Abwehr, dazu zählen Metalloenzyme, die Mineralstoffe als integrale Bestandteile benötigen. Zur nicht-enzymatischen Radikalabwehr zählen niedermolekulare Substanzen, die im Körper gebildet werden, wie Glutathion, Ubichinon und Harnsäure, andere müssen mit der Nahrung zugeführt werden. Zu den Antioxidantien, die am häufigsten in Lebensmitteln vorkommen und aufgenommen werden, zählen die Vitamine E und C, die Carotinoide und die Polyphenole, zu denen die im Kaffee enthaltene Chlorogensäure zählt. Polyphenole können Wasserstoffionen und Elektronen abgeben und haben aufgrund dieser Fähigkeit eine antioxidative Wirkung [DUTRIE und BELLIZZI, 1999; ELMADFA und LEITZMANN, 2004].

Man kann die Antioxidantien anhand ihrer Merkmale charakterisieren:

- Abgabe von Wasserstoff und Elektronen.
- Fähigkeit mit anderen Antioxidantien zu reagieren.
- Radikale, die entweder ungepaarte Elektronen stabilisieren oder verschieben.
- Metall-Chelat Bildung.

Polyphenole haben eine ideale chemische Struktur um als Radikalfänger zu fungieren. Sie wirken *in vitro* sogar effektiver als Vitamin E und C [RICE-EVANS et al., 1997].

2.7.8.1. Antioxidantien im Kaffee

Zum antioxidativen Potential von Kaffee tragen maßgeblich zwei Gruppen an Inhaltsstoffen bei. Die *Hydrozimsäuren* und deren Derivate, welche eine Untergruppe der Polyphenole sind. Der Hauptteil dieser wird durch die Chlorogensäuren gebildet. Zur zweiten Gruppe zählen die *Röstprodukte*,

welche ebenfalls zur Radikalfängerwirkung beitragen [BITSCH, 1999; SUMMA et al., 2007].

2.7.8.1.1 Röstprodukte im Kaffee

Neben den Polyphenolen zeigte sich auch eine zweite wichtige Gruppe für die Antioxidantien im Kaffee verantwortlich, die Röstprodukte [DELGADO-ANDRADE et al., 2005].

Während des Röstprozesses kommt es durch die Maillardreaktion zur Bildung von farb-, geschmacks- und aromaintensiven Bräunungsprodukten. Dazu zählen die Melanoidine, deren Strukturen weitgehend unbekannt sind. Es handelt sich dabei jedoch um anionische, polymere Verbindungen, welche Stickstoff enthalten [RUFÍÁN-HENARES und MORALES, 2007; SCHWEDT, 2005]. Melanoidine haben einen biologischen, ernährungswissenschaftlichen, gesundheitlichen und technologischen Nutzen und wurden in den letzten Jahren häufig untersucht. Sie wirken antioxidativ, antimikrobiell und *in vitro* auch antihypertensiv und haben einen Einfluss auf den Geschmack des Kaffees [RUFÍÁN-HENARES und MORALES, 2007].

Bei einer Studie mit Instantkaffees von DELGADO-ANDRADE et al. (2005) wurde die Wirkung der Melanoidin-Fraktion auf die Totale Antioxidative Kapazität untersucht. Es wurden drei unterschiedliche Methoden verwendet:

- ABTS = 2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure]
- DPPH = 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
- FRAP = Fluorescence Recovery After Photobleaching.

Die Untersuchung ergab, dass unabhängig von der angewandten Analysenmethode der Anteil der Röstprodukte an der Radikalfängerwirkung von Kaffee zwischen 10 und 20 % betrug.

Während des Röstvorgangs kommt es zu einem Verlust an antioxidativ wirkenden Polyphenolen, dieser wird jedoch durch die Bildung der Röstprodukte währenddessen ausgeglichen. Einen weiteren Einfluss auf das antioxidative Potential von Kaffee hat der Grad der Röstung. Kaffees mit dunkler Röstung enthalten deutlich weniger Radikalfänger, da diese durch zu große Hitze zerstört werden [SUMMA et al., 2007].

2.7.9. Vitamine und Mineralstoffe

Im Kaffee sind auch essentielle Nährstoffe enthalten, wie zum Beispiel das Niacin ein Vitamin der B-Gruppe, das wie bereits erwähnt beim Rösten über den Abbau des Alkaloids *Trigonellin* entsteht. Im Rohkaffee beträgt der Gehalt an Mineralstoffen und Spurenelementen etwa 4 % und ist damit dementsprechend gering. Davon gehen beim Aufguss jedoch 90 Prozent in das Kaffeegetränk über.

Der Mineralstoffgehalt ist sehr stark abhängig vom Anbaugebiet, dem Boden und den Wachstumsbedingungen denen die Kaffeepflanze ausgesetzt ist. In den Kaffeebohnen findet man höhere Mengen an Kalium, Kalzium, Magnesium und Phosphor, während Schwefel, Mangan und Eisen nur in Spuren enthalten sind. Einige Forscher weisen darauf hin, dass Magnesium im Kaffee eine erhöhte Insulinsensitivität hervorruft [HESSMANN-KOSARIS, 2006; RÖHM, 2003; GREENBERG et al., 2006].

2.7.10. Aromastoffe

Im gerösteten Kaffee sind bis zu 800 Aromastoffe enthalten, wobei nicht einer von ihnen, sondern das Zusammenspiel mehrerer den typischen Kaffeegeschmack und –geruch ausmachen. Diese typischen Stoffe werden erst

während des Röstens gebildet, da die rohe Bohne noch keine Aromastoffe enthält und somit geruch- und geschmacklos ist. Durch die große Hitzeeinwirkung kommt es zur Maillardreaktion, wobei reduzierende Zucker und Aminosäuren zu neuen Verbindungen umgewandelt werden, die dann aromagebend sind.

Das Aromaprofil wird hauptsächlich durch Aromakomponenten, wie 2-Furfurylthiol, 4-Vinylguaiacol, β -Damascenone, Methanethiol, verschiedene Alkylpyrazine, Furanone, Acetaldehyde, Propanal, Methylpropanal, 2- und 3-Methylbutanal und malzig schmeckende Aldehyde gebildet. Im Gegensatz zu diesen haben andere Komponenten, wie zum Beispiel 3-methyl-2-buten-1-thiol und 3-mercapto-3-methylbutylformat weniger Einfluss auf das Kaffee flavor [EDELBAUER, 2003; CZERNY et al., 1999; SCHWEDT, 2005].

Eine Analyse der einzelnen Aromakomponenten ergab, dass die Furane maßgeblich für ein verbranntes, karamellähnliches und die Pyrazine für ein übröstetes, verbranntes Aroma verantwortlich sind. α -Diketone hingegen geben dem Kaffee eine butterähnliche Note. Aldehyde erzielen einen malzigen Charakter und Ketone ein karamellähnliches süßes Aroma. Benzenderivate, wie zum Beispiel die Chlorogensäuren sind für ein rauchiges, würziges Aroma, das an Nelke erinnert und Pyridine für den bitteren und adstringierenden Geschmack verantwortlich [NEBESNY und BUDRYN, 2006].

2.7.11. Rückstände

Rückstände von giftigen Substanzen sind im Kaffee kaum vorhanden. Auf vielen Plantagen werden zwar Pflanzenschutzmittel wie Organophosphor- und Organochlorverbindungen eingesetzt, aber die Kaffeebohnen sind so gut in das Fruchtfleisch der Kaffeekirsche eingebettet, dass sie vor den giftigen Spritzmitteln weitgehend geschützt sind. Für den Fall, dass kleine Mengen eines Giftstoffes in die Bohnen vorgedrungen sind, werden diese spätestens

durch die hohen Temperaturen, die beim Röstprozess herrschen, vollständig zerstört [HESSMANN-KOSARIS, 2006].

2.8. Gesundheitsfördernde Wirkungen von Kaffee

Kaffeekonsum im Allgemeinen wirkt präventiv auf viele Krankheiten. Man geht davon aus, dass bei regelmäßigem Genuss verschiedene Typen von Krebs, Diabetes Mellitus Typ II, Parkinson und Leberzirrhose vermindert auftreten [BARRANCO QUINTANA et al., 2007; GREENBERG et al., 2006; LARSSON und WOLK, 2007; LINDSAY et al., 2002; LUETH et al., 2008; MAIA und DE MENDOCA, 2002; NKONDJOCK, 2009]. Des Weiteren gibt es epidemiologische Studien, die positive Ergebnisse bezüglich neurologischer Verfassung, Wachsamkeit, Stimmungsschwankungen, Leberfunktion und Stoffwechselerkrankungen erzielen [FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008].

2.8.1. Kaffee und koronare Herzkrankheiten

In einer prospektiven Kohortenstudie der *Harvard School of Public Health*, wurde anhand von Fragebögen untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen häufigem Kaffeegenuss und dem Auftreten von koronaren Herzkrankheiten (KHK) besteht. An dieser Studie nahmen 44.005 Männer und 84.488 Frauen ohne bekannte kardiovaskuläre Erkrankungen oder Krebs, 14 bzw. 20 Jahre lang, aus vorangegangenen Studien teil. Diese waren die *Health Professionals Follow-Up Study* (HPFS) aus dem Jahr 1986 und die *Nurses' Health Study* (NHS) aus dem Jahr 1976. Das Resultat dieser Studie war, dass Kaffeekonsum keinen Einfluss auf die Entstehung von kardiovaskulären Krankheiten hat. Jedoch wurde herausgefunden, dass Personen die häufiger Kaffee konsumierten auch signifikant mehr rauchten. Dazu zählten 30 % der Männer

und mehr als die Hälfte der Frauen, die 6 Tassen Kaffee oder mehr am Tag tranken. Weiters tranken Kaffeetrinker mehr Alkohol, nahmen mehr Aspirin, tranken weniger Tee, machten weniger Bewegung und nahmen weniger Vitaminpräparate ein als Nicht-Kaffeetrinker [LOPEZ-GARCIA et al., 2006].

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Wissenschaftler in einer finnischen Kohortenstudie, in der der gewohnte Kaffeekonsum, aber auch das Ernährungsverhalten, die bekannten Risikofaktoren von KHK sowie die medizinische Vorgeschichte von 20.179 Männern und Frauen im Alter von 30 bis 59 Jahren erfasst wurden. Es wurde herausgefunden, dass regelmäßiger Kaffeekonsum keinen Einfluss auf das Risiko an KHK zu erkranken hat. Die Unterschiede zwischen den männlichen und den weiblichen ProbandInnen waren jedoch auffällig. Während bei den Männern eine geringere Sterberate aufgrund KHK durch mäßigen Kaffeegenuss bedingt war, konnte diese bei Frauen durch erhöhten Kaffeekonsum gesenkt werden [KLEEMOLA et al. 2000].

Auch BONITA et al. (2007) erzielten mit ihrer Studie ähnliche Ergebnisse, wobei festgestellt wurde, dass zusätzlich zum Lebensstil auch die genetische Prädisposition einen signifikanten Einfluss auf koronare Herzerkrankungen hatte. Sie fanden ebenfalls heraus, dass zwischen gefilterten und ungefilterten gekochten Kaffee zu unterscheiden ist. Ebenso wie koffeinhaltiger, entkoffeinierter Kaffee und die Kaffeesorte eine wichtige Rolle spielen, denn die beiden kommerziell wichtigen Kaffeesorten Arabica und Robusta unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung. Arabica-Kaffee enthält mehr Lipide, während Robusta-Kaffee mehr *Koffein*, mehr Saccharose und mehr antioxidative Polyphenole, wie die Chlorogensäure und ihre Derivate beinhaltet. BONITA et al. (2007) verglichen ihre Ergebnisse mit einigen anderen Publikationen. In *in vitro* Studien konnte zum Beispiel die antioxidative Wirkung von *Koffein* und der Chlorogensäure bestätigt werden. Auch in einigen Zellkulturstudien wurde herausgefunden, dass Koffein *in vivo* eine entzündungshemmende Funktion hat, welche sich möglicherweise positiv auf das Herz auswirken könnte. *In vivo* konnte auch das antioxidative Potential der CGQ bestätigt werden, speziell in menschlichen Epithelzellen.

2.8.2. Kaffee und Krebs

Kaffee ist Gegenstand vieler Studien, auch im Bezug auf die antikanzerogene Wirkung der Kaffee-Inhaltsstoffe wurde und wird hier sehr intensiv geforscht. Diese Untersuchungen gaben Hinweise darauf, dass Kaffee auf viele Arten tumorpräventiv wirkt. NKONDJOCK (2009) gibt in seiner Publikation einen Überblick über die Ergebnisse vieler Studien, deren Hauptaugenmerk auf dem Thema Kaffee und Krebs lag. Aus diesen Studien geht hervor, dass dem Hauptalkaloid des Kaffees, dem *Koffein*, in Tierversuchen sowohl eine tumorstimulierende als auch –suppressive Wirkung zugeschrieben wird. Die beiden Diterpene *Cafestol* und *Kahweol* sind an der Entgiftung von krebserregenden Stoffen durch die Aktivierung von Phase-II-Enzymen und der Stimulation von intrazellulären antioxidativen Abwehrmechanismen beteiligt. Wobei dies durch diverse biologische Einflüsse und Prozesse induziert wird. Weiters stellt Kaffee eine wichtige Quelle an Polyphenolen dar, welche antioxidative und antikanzerogene Eigenschaften besitzen. Es hat sich auch gezeigt, dass die *Kaffeesäure* ein Hauptinhaltsstoff von Kaffee, die DNA-Methylierung, eines der häufigsten Charakteristika der Tumorphagenese, in Humanzellstudien hemmt.

2.8.2.1. Brustkrebs

Brustkrebs ist bei Frauen die zweithäufigste krebssbedingte Todesursache in Industrieländern. In Fall-Kontroll-Studien wurde kein Zusammenhang zwischen Kaffeekonsum und der Häufigkeit an Brustkrebs zu erkranken gefunden. Aber bei einigen dieser Untersuchungen konnte ein signifikanter Einfluss des Kaffeegenusses speziell bei premenopausalen Frauen beobachtet werden [NKONKJOCK, 2009]. Bei Frauen, die kurz vor der Menopause waren, zeigte sich, dass der Konsum von sechs Tassen und mehr Kaffee am Tag das Risiko an Brustkrebs zu erkranken um 70 % senken kann [NKONKJOCK et al., 2006].

BAKER et al. (2006) untersuchten den Einfluss von Kaffee, entkoffeiniertem Kaffee und schwarzen Tee auf die Entstehung von Brustkrebs. An dieser Fall-Kontroll-Studie nahmen 1.932 Brustkrebspatientinnen teil und 1.895 Frauen, die die Kontroll-Gruppe bildeten. Die Ergebnisse zeigten, dass ein Konsum von mehr als vier Tassen Kaffee pro Tag eine mögliche präventive Wirkung auf die Entstehung von Brustkrebs bei Frauen vor der Menopause hat. Eine solche schützende Funktion ist jedoch gegenüber postmenopausalem Brustkrebsrisiko nicht gegeben.

2.8.2.2. Darmkrebs

Darmkrebs ist einer der häufigsten Krebsarten weltweit, wobei die westlichen Länder eine 10-fach höhere Krankheitsrate haben als Entwicklungsländer. Einige Studien geben Grund zur Annahme, dass Kaffee eine schützende Wirkung vor Magen- und Darmkrebs aufweist. Dieser Effekt ist auf die Fettstoffe *Cafestol* und *Kahweol* zurückzuführen. Sie regen die Exkretion von Gallensäuren und natürlichen Sterolen in den Darm an. Weiters beschleunigt der tägliche Kaffeeconsum die Darmtätigkeit und *Koffein* hat einen hemmenden Effekt auf das Krebszellenwachstum. Bis jetzt gibt es zumindest 20 Fall-Kontroll-Studien und 10 Kohortenstudien, die sich mit dem Zusammenhang von starkem Kaffeeconsum und Darmkrebsrisiko beschäftigten. Hier kam man zu unterschiedlichen Ergebnissen. Ein reduziertes Krankheitsrisiko wurde durch einige Fall-Kontroll-Studien belegt und die kombinierten Ergebnisse von 12 Fall-Kontroll-Studien zeigten eine signifikante Reduktion von 12 % an Darmkrebs zu erkranken. Einige Kohorten-Studien beweisen hingegen einen inversen oder keinen Zusammenhang [NKONDJOCK, 2009]. Daten, stammend aus der Nurses' Health Study (NHS) und der Health Professionals Follow-Up Study (HPFS), gaben Auskunft über den Zusammenhang von Kaffeeconsum und dem Auftreten von Darmkrebs. Hierbei wurden über 14 bzw. 20 Jahre lang regelmäßig der Kaffee- und Teekonsum sowie die Aufnahme von *Koffein* erhoben. Die Ergebnisse konnten keinen direkten Zusammenhang zwischen

einer Krebserkrankung und der Koffeinaufnahme nachweisen. Jedoch zeigten sich bei TeilnehmerInnen dieser Studien, die mehr als zwei Tassen von koffeinfreiem Kaffee am Tag konsumierten, um 52 % weniger Erkrankungsfälle [MICHELS et al., 2005].

2.8.2.3. Eierstockkrebs

Eierstockkrebs ist bei Frauen weltweit die siebenthäufigste krebsinduzierte Todesursache. Bis heute gibt es nur wenige Studien, die den Einfluss von Kaffee auf das Auftreten von Ovarialkarzinomen untersucht haben. Es gibt auch noch keine effektiven Screening-Methoden, daraus resultiert, dass 71 % der Eierstockkrebserkrankungen erst in einem fortgeschrittenen Stadium, mit schlechten Prognosen für eine Heilung, diagnostiziert werden. Die effektivsten Strategien der Krebsprävention sind die Früherkennung, die Reduktion von beeinflussbaren Risikofaktoren und in extremsten Fällen die vorbeugende Oophorektomie (operative Entfernung der Eierstöcke). Bekannte Risikofaktoren an Eierstockkrebs zu erkranken sind: das Alter, die Familienanamnese (genetische Prädisposition), postmenopausale Hormongaben, Kinderlosigkeit, nie orale Kontrazeptiva genommen zu haben, eine Tubenligatur (Sterilisation der Frau), ein frühes Auftreten der ersten Regelblutung und eine spät einsetzende Menopause [LUETH et al., 2008; NKONDJOCK, 2009].

Eine prospektive Kohorten-Studie (*Iowa Women's Health Study*) mit 29.060 Frauen über den Einfluss von Kaffeekonsum auf das Risiko bei postmenopausalen Frauen an Eierstockkrebs zu erkranken zeigte, dass Frauen, die mehr als fünf Tassen Kaffee pro Tag tranken ein signifikant ($p=0,05$) höheres Risiko für Ovarienkarzinome zeigten als jene die weniger Kaffee konsumierten. Weiters gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Einfluss von entkoffeiniertem Kaffee, jenem mit *Koffein*, beiden Kaffees zusammen und der Koffeinaufnahme auf das Erkrankungsrisiko [LUETH et al., 2008].

Auch die *Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer* untersuchte diesen Zusammenhang, wobei man eine Subkohorte von 2.589 Frauen aus der Studienpopulation nahm. Die Ergebnisse wiesen keinen Zusammenhang zwischen dem Kaffeekonsum und einem Risiko an einem Ovarialkarzinom zu erkranken auf [STEEVENS et al., 2007].

2.8.2.4. Leberkrebs

In der Metaanalyse von LARSSON und WOLK (2007) in der fünf Fall-Kontroll- und vier Kohortenstudien zusammengefasst wurden, konnte ein Zusammenhang zwischen dem Kaffeekonsum und einem verminderten Risiko an Leberkrebs zu erkranken gefunden werden. In sechs davon waren die Ergebnisse sogar signifikant. Ein Genuss von bereits zwei Tassen Kaffee am Tag konnte das Erkrankungsrisiko um 43 % senken.

Eisen gilt als ein Promotor für hepatozelluläre Karzinome. Da Kaffee durch seinen hohen Polyphenolgehalt den Eisenstatus senkt, kann dieser somit antikanzerogen wirken [MASCITELLI et al., 2008].

MORCK et al. fanden bereits 1983 in ihrer Studie heraus, dass Kaffee die Eisenabsorption aus Nahrungsmitteln hemmt, speziell gilt er als ein Inhibitor für Non-Häm-Eisen. Diese Studie untersuchte den Eisenstatus nach einem Hamburger-Essen zu dem Wasser, Kaffee oder Tee verabreicht wurden. Wenn Wasser zum Essen gereicht wurde, wurden 3,72 % des Nicht-Häm-Eisens absorbiert, bei Tee als Getränk fiel die Absorption um 64 % auf 1,32 % ($p < 0,001$) und wenn eine Tasse Kaffee zum Mahl getrunken wurde sank die Eisenabsorption um 39 % auf 2,25 % ($p < 0,05$). Die Studie zeigte, dass Kaffee und Tee die Eisenabsorption merklich reduzierten.

Auch eine Studie von HURRELL et al. (1999) zeigte, dass phenolhaltige Getränke wie Kaffee und Tees (Kräuter-, Früchte- und Schwarztees) mit oder ohne Milch und Kakao die Absorption von Nicht-Häm-Eisen hemmen. Wobei die Zugabe von Milch zu Kaffee und Tee nur einen geringen oder keinen Effekt,

zusätzlich zu ihrer natürlichen Hemmwirkung, hat. Der Konsum von Kaffee und schwarzem Tee hatte den stärksten Hemmeffekt.

2.8.2.5. Bauchspeicheldrüsenkrebs

Im Rahmen der NHS (*Nurses' Health Study*) und der HPFS (*Health Professionals Follow-Up Study*) wurde auch der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Pankreaskarzinomen und Kaffeekonsum untersucht. Bauchspeicheldrüsenkrebs ist einer der Hauptarten der krebsinduzierten Todesfälle weltweit. Bei weniger als 5 % liegt die Überlebensrate bei 5 Jahren und in 99 % der Fälle überleben die Patienten keine zwölf Monate nach der Diagnose. Ein Zusammenhang zwischen einem erhöhten Risiko an einem Pankreaskarzinom zu erkranken und Kaffee, weder koffeinhaltig noch entkoffeiniert, konnte nicht festgestellt werden. Bei der HPFS konnte, in der männlichen Studienpopulation die Kaffee mit *Koffein* konsumierten, ein geringeres Risiko beobachtet werden, als bei Probanden die keinen Kaffee zu sich nahmen [NKONKJOCK, 2009; MICHAUD et al., 2001].

NKONDJOCK (2009) berichtete in seiner Übersicht von mehreren Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien, die in Europa, Kanada und Asien durchgeführt wurden. Auch hier konnte kein Zusammenhang zwischen Kaffeekonsum und Pankreaskarzinomen gefunden werden.

2.8.3. Kaffee und Diabetes

Diabetes mellitus Typ II entwickelt sich immer stärker zu einer Volkskrankheit, speziell in Industrieländern. Laut Prognosen, wird es bereits heuer im Jahr 2010 geschätzte 20 Millionen Krankheitsfälle geben. In den letzten Jahren gab es viele Studien, die den Einfluss von Kaffeekonsum auf das Risiko an Diabetes mellitus Typ II zu erkranken untersuchten. In fast allen Studien kam man zu der

Erkenntnis, dass ein Zusammenhang besteht und das Risiko einer Erkrankung durch Kaffeekonsum gesenkt werden kann. Man geht davon aus, dass für diese Risikoreduzierung speziell der Gewichtsverlust verantwortlich ist, begünstigt durch den Inhaltsstoff *Koffein*. Dieser Effekt wurde jedoch nur bei normalgewichtigen Personen ($\text{BMI} = \text{Body Mass Index} < 25 \text{ kg/m}^2$) beobachtet. Kein signifikanter Zusammenhang zwischen *Koffein* und Gewichtsabnahme wurde bei adipösen Menschen ($\text{BMI} > 30 \text{ kg/m}^2$) gefunden. Man nimmt an, dass der Gewichtsverlust durch eine erhöhte Thermogenese und somit einen höheren Grundumsatz, einen erhöhten Lipidmetabolismus mit einhergehender erhöhter Lipolyse und positive Auswirkungen auf den Glukosemetabolismus, ausgelöst durch *Koffein*, induziert wird [GREENBERG et al., 2006].

In einer Humanstudie von JOHNSTON et al. (2003) wurde der Einfluss der Chlorogensäure auf die Glukoseaufnahme, die gastrointestinalen Hormone und die Insulinsekretion untersucht. Es war eine randomisierte Cross-Over-Studie, an der nur gesunde Personen mit einem Body-Mass-Index (BMI) von $< 25 \text{ kg/m}^2$, keine Medikamente nahmen, nicht rauchten und keinen Alkohol ($> 20 \text{ Units/Woche}$) tranken, teilnahmen. An drei verschiedenen Tagen tranken sie eines von drei verschiedenen 400 ml Getränken. Die Kontrollgruppe nahm 400 ml Wasser mit 25 g Glukose zu sich, die beiden anderen Gruppen jeweils 400 ml Kaffee oder entkoffeinierten Kaffee mit 25 g Glukose. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass bei den ProbandInnen die koffeinhaltigen Kaffee konsumierten, erhöhte Glukose- und Insulinkonzentrationen im Plasma vorlagen. Dies führte zu einer erhöhten Glukosetoleranz und Insulinsensitivität. Somit wurde festgestellt, dass Kaffeekonsum die Rate der intestinalen Absorption von Glukose senkt und auch die Profile der gastrointestinalen Hormone ließen auf eine spätere Glukoseabsorption im Darm schließen.

2.8.4. Kaffee und Alzheimer

Zurzeit ist Morbus Alzheimer (AD = Alzheimer's Disease) die am häufigsten auftretende neurodegenerative Erkrankung unter der älteren Bevölkerungsschicht. Das Altern selbst ist mit Abstand der größte Risikofaktor für diese Krankheit. Viele andere potentielle Risikofaktoren sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Nun liegt es an der Wissenschaft, präventive Stoffe zu finden. So könnte *Koffein* aufgrund seiner neuroprotektiven und pharmakologischen Effekte positiv auf neuronale Funktionsstörungen wirken. In vier Beobachtungsstudien wurde ein Zusammenhang zwischen Kaffee und AD Risiko gefunden [BARRANCO QUINTANA et al., 2007].

Eine von diesen Untersuchungen war die *Canadian Study of Health and Aging* (CSHA), die in den Jahren 1996 – 1997 von LINDSAY et al. (2002) durchgeführt wurde. Man fand heraus, dass steigendes Alter, eine geringe Bildung und das Vorhandensein eines ApoE4 Alleles (Apolipoprotein E4) am Chromosom 19 einen Einfluss auf das Risiko an Morbus Alzheimer zu erkranken haben. Wobei Kaffeekonsum, Konsum von Wein und regelmäßige körperliche Betätigung das Risiko senken.

Auch MAIA und DE MENDONCA (2002) fanden in ihrer Studie heraus, dass neben den genetischen Faktoren auch äußere Einflüsse die Pathogenese von Morbus Alzheimer verursachen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigten auch einen Zusammenhang zwischen der Koffeinaufnahme und einem reduzierten Risiko an AD zu erkranken.

2.8.5. Kaffee und Osteoporose

Osteoporose ist eine multifaktorielle Krankheit mit einem bedeutenden sozioökonomischen Einfluss. Die Ernährung, das Geschlecht, der Lebensstil und die Genetik spielen bei der Pathogenese von Osteoporose eine große

Rolle. Schon in vielen Studien wurde gezeigt, dass Kaffeekonsum einen Einfluss auf eine verminderte Knochenmineraldichte (BMD = Bone mineral density) hat und so auch ein erhöhtes Risiko eine Hüftfraktur zu erleiden birgt. Es wurde ebenfalls ein Zusammenhang zwischen *Koffein* und einer verminderten BMD gefunden. Bereits eine Koffeinaufnahme von > 300 mg pro Tag beschleunigt den Knochenabbau in der Wirbelsäule von älteren postmenopausalen Frauen. Gerade Frauen, mit einer speziellen genetischen Variante des Vitamin D Rezeptors (VDR), scheinen ein größeres Risiko für die schädliche Wirkung von *Koffein* auf den Knochen zu haben [RAPURI, 2001].

Eine weitere Studie von HARRIS und DAWSON-HUGHES (1994) zeigte, dass Kaffeekonsum keinen schädlichen Effekt, auf die Knochengesundheit von gesunden postmenopausalen Frauen mit einer Kalziumaufnahme von oder über den Recommended Dietary Allowance (RDA) 800 mg, hat. Jedoch bei Frauen, die am Tag mehr als zwei Tassen Kaffee trinken und eine geringere Kalziumzufuhr haben, erhöht sich das Risiko eines Knochenabbaus und die Wahrscheinlichkeit an Osteoporose zu erkranken deutlich.

3. Material und Methoden

3.1. Material

3.1.1. Probenumfang

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss der Lagerung auf ausgewählte Inhaltsstoffe (Coffein, Chlorogensäure und Theobromin), die Totale Antioxidative Kapazität (TAC) und die sensorischen Eigenschaften von je einer Arabica und einer Robusta Kaffeesorte untersucht. Der Rohkaffee wurde vom *Institut für Kaffee-Experten-Ausbildung* der Volkshochschule Hietzing (1130 Wien, Hofwiesengasse 48) zur Verfügung gestellt. Es handelte sich um die Arabica-Sorte *Limu* aus Äthiopien und eine Robusta-Sorte aus Vietnam (Tab. 6).

Tab. 6: Die untersuchten Kaffeesorten

Arabica	<u>Herkunftsland</u>	<u>Anbaugebiet</u>
	Äthiopien	<i>Limu</i>
Robusta	<u>Herkunftsland</u>	
	Vietnam	

Der Kaffee wurde aufgrund der größeren Mengen am 25. März 2009 in der *Kaffeerösterei Alt Wien* (1040 Wien, Schleifmühlgasse 23) frisch geröstet, in handelsüblichen Verpackungen vakuumverpackt und über einen Zeitraum von 18 Monaten (gesetzliche Lagerdauer) dunkel gelagert. Die verwendete Röstmaschine war ein Ladenröster mit einem Fassungsvermögen von 12 kg, ein Probat (L12) der Firma Emmerich.

Von der Arabica-Sorte wurden 21 kg in 2 Durchgängen goldbraun (Mittlere Röstung = *Frühstücksröstung*) geröstet (Tab. 7). Die Anfangstemperatur betrug ca. 80°C und die Höchströsttemperatur lag bei ca. 165°C, wobei eine Röstdauer von ca. 10 Minuten eingehalten wurde. Wie bei jeder Röstung kam es zu einem Röstverlust, der beim *Limu* zwischen 13 und 14 % lag. Die verbleibenden 18 kg wurden in 22 1-Kilo-Packungen à 800 g vakuumverpackt und bei Raumtemperatur, von Licht und Feuchtigkeit geschützt, gelagert.

Bei der Robusta-Sorte wurden nur 10 kg in einem Durchgang geröstet. Die Rösttemperaturen waren in etwa gleich, wie die Temperaturen der Röstung des Arabicas, jedoch betrug die Röstdauer fast 14 Minuten, ehe dieselbe goldbraune Röstfarbe (Mittlere Röstung) entstand. Beim Robusta kam es sogar zu einem Gewichtsverlust von 17 %. Wiederum wurden die verbleibenden 8,5 kg in 500g-Packungen à 400 g vakuumverpackt und bei Raumtemperatur, unter denselben Bedingungen wie der Arabica-Kaffee, gelagert.

Tab. 7: Röstung des Kaffees

	Arabica <i>Limu</i> 1	Arabica <i>Limu</i> 2	Robusta Vietnam
Röstdatum	25.03.2009	25.03.2009	25.03.2009
Rösttemperatur (°C)	Anfang: ca. 79°C Höchst: ca. 165 °C	Anfang: ca. 80 °C Höchst: ca. 163 °C	Anfang: ca. 80 °C Höchst: ca. 164°C
Röstdauer (min)	10 min 40 sek	10 min 54 sek	13 min 16 sek
Röstfarbe	goldbraun	goldbraun	goldbraun
Gewicht des Rohkaffees (kg)	10,500 kg	10,535 kg	10,315 kg
Gewicht nach der Röstung (kg)	8,970 kg	9,165 kg	8,555 kg
Röstverlust (%)	14,57 %	13,00 %	17,06 %

Die Analysen der beiden untersuchten Kaffeesorten wurden im Zeitraum von 26. März 2009 bis 23. Dezember 2009 durchgeführt. Die Inhaltsstoffe (Coffein, Chlorogensäure und Theobromin) wurden mittels High Performance Liquid Chromatography (HPLC) und die Totale Antioxidative Kapazität (TAC) photometrisch im Labor am *Institut für Ernährungswissenschaften (IfEW)* der

Universität Wien gemessen. Weiters wurden am Anfang der Lagerung (zum Zeitpunkt 0 = frisch geröstet) und nach 9 Monaten mittels QDA = Quantitative Deskriptive Analyse, die Änderungen der sensorischen Eigenschaften aufgezeigt. Die sensorische Evaluierung fand im Sensorik Labor des *IfEW* statt.

3.1.2. Allgemeine Probenaufbereitung

Alle Proben wurden als Papierfilteraufguss zubereitet und in dreifacher Bestimmung analysiert. Es wurde das Kaffeerezept *leichter Frühstückskaffee* verwendet, wobei aus 50 g Kaffeepulver ca. 500 ml Kaffee gebrüht wurde (Tab. 8). Der Mahlgrad wurde an die Zubereitungsart angepasst. Die Mahlung sollte nicht zu fein sein, da ansonsten der Durchlauf durch den Filter behindert wird [EDELBAUER, 2003].

Tab. 8: Kaffeezubereitung für die Analysen

Methode der Zubereitung	Kaffeepulver (g)	Gebrühter Kaffee (ml)
Filter	50 g	500 ml

Anschließend wurde der Kaffee bis zur Analyse auf ca. 4°C gekühlt. Als Referenzprobe, wurde ein Kaffee der Marke *Dallmayr Prodomo* verwendet, der ebenfalls als Filterkaffee mit dem Rezept eines *Frühstückskaffees* zubereitet, in Cups à 1000 µl pipettiert und bei -80° Celsius tiefgefroren wurde. Der Referenzkaffee wurde jedes Monat mitbestimmt, um die Intervarianz (von Monat zu Monat) zu ermitteln und die Präzision der Methodenabläufe kontrollieren zu können.

Für die Zubereitung der frischen Kaffeeproben wurden folgende Geräte und Materialien verwendet (Tab. 9):

Tab. 9: Geräte für die Probenzubereitung

VERWENDETE GERÄTE	
Kaffeemühle	Zassenhaus Kaffeemühle Brasilia
Waage	Sartorius LC 4801 P
Kaffeemaschine	Phillips Coffeemaker HD 7563/20 1000 W
Papierfilter	Melitta original 1x4

3.2. Analytische Methoden

3.2.1. Bestimmung der Inhaltsstoffe Coffein, Chlorgensäure und Theobromin mittels High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

Die Bestimmung der Inhaltsstoffe des Kaffees mittels HPLC wurde nach der leicht modifizierten Methode von ISNARDY (2007) und HERTEL (2008) durchgeführt. Die Modifizierung bedeutete Methanol statt Acetonitril in der Mobilen Phase einzusetzen.

Die Probe wurde nach der Filteraufgusszubereitung filtriert, verdünnt und mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) mit Hilfe einer analytischen Trennsäule (C18) adsorptionschromatographisch aufgetrennt und mit einem UV-Detektor bei einer Wellenlänge von λ 270 nm gemessen. Die Identifizierung der Peaks von Coffein, Chlorogensäure und Theobromin erfolgte durch den Vergleich der jeweiligen Retentionszeiten mit denen der entsprechenden Standardsubstanzen im Mischstandard. Die Quantifizierung erfolgte nach dem Verfahren der externen Standards und deren bekannter Konzentration über die Peakflächen (Areas). Für die Analyse wurden analysenreine Chemikalien (Tab. 12) und für Spurenanalytik geeignetes Wasser in der Qualität von $18\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^{-1}$ aus einer Reinstwasseranlage (bidestilliert und entmineralisiert) verwendet.

Die Tabellen 10, 11 und 12 zeigen die für die HPLC Methode verwendeten Geräte und Reagenzien:

Tab. 10: Verwendete Geräte für die Probenvorbereitung und Durchführung der HPLC

VERWENDETE GERÄTE	
Waage	Sartorius LC 4801 P
pH-Meter	inoLab WTW Series pH 730
Pipette	Fixed 100 µl Finnpiquette, Labsystems J 343026 / 4501
Pipette	100-1000 µl Biohit Proline
Vortex	Heidolph REAX 2000
Magnetrührer	Heidolph MR 3001 K
Gasflasche	Alphagaz 1 He (Helium)
Stoppuhr	ROTH, Model No. TR 118
HPLC Anlage	Dionex UltiMate 3000 (Pump, Autosampler, Column Compartment, Variable Wavelength Detector)
Gewindeflasche mit Deckel	1,5 ml, Gewinde: 8 – 425; 32 x 11,6 mm, Klarglas; Deckel mit blauem Plättchen für 0,1 ml Mikroinsert/15 mm Spitze) Markus Bruckner Analysetechnik

Tab. 11: HPLC Anlage Dionex

HPLC Anlage	
HPLC Anlage	Dionex UltiMate 3000 inkl. Pumpe, Autosampler und Column Compartment
Detektor	Dionex UltiMate 3000 Variable Wavelength Detector (UV Detektor 270nm)
Säule	Merck 50981; LiChrosphere 60 RP-select B, 5 µm, 125 x 4 mm No. 321847
Mobile Phase	85 % Natriumdihydrogenphosphat-Puffer ² (pH 2,7) 15 % Methanol

² Natriumdihydrogenphosphatpuffer (NaH₂PO₄): 1 g NaH₂PO₄ wurde eingewogen und in ca. 800 ml bidestilliertem Wasser unter Rühren auf dem Magnetrührer aufgelöst. Danach wurde der pH-Wert mit ortho-Phosphorsäure (H₃PO₄) auf 2,7 eingestellt, der Puffer filtriert und anschließend auf 1 Liter aufgefüllt. Vor der Analyse mittels HPLC wurde der Puffer mit Helium entgast.

Modus	Isokratisch
Temperatur	Säule: 30 °C Autosampler: 15 °C
Schleifenvolumen	20 µl und 40 µl
Flow (Flussrate)	1 ml/min
Druck	78 bar bei No. 321847, 15 % Methanol

Tab. 12: Reagenzien für HPLC

REAGENZIEN	Hersteller
Caffeine $C_8H_{10}N_4O_2$	Sigma
Chlorogenic Acid (1,3,4,5-Tetrahydroxy-cyclohexanecarboxylic acid 3-[3,4-dihydroxycinnamate]) min: 95 % $C_{16}H_{18}O_9$	Sigma
Theobromine (purum > 98 % HPLC) $C_7H_8N_4O_2$	Fulka
Natriumdihydrogenphosphat NaH_2PO_4	Riedel-de Haën
Methanol Chromosolv for high-performance liquid chromatography CH_4O (Methanol für die Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie)	Riedel-de Haën
Methanol Chromosolv for high-performance liquid chromatography CH_4O	Sigma-Aldrich
o-Phosphorsäure 85 %	

3.2.1.1. Erstellung der Eichgeraden (HPLC)

Vor Beginn der Analysen wurde ein Mischstandard aus den Substanzen Coffein, Chlorogensäure und Theobromin (Tab. 13 und 14) hergestellt, mit je einer Ausgangskonzentration von 10 mg/L. Dazu wurden von jeder Substanz 2,5 mg eingewogen und in insgesamt 250 ml Aqua dest. aufgelöst. Da die Chlorogensäure und Theobromin nicht gut wasserlöslich sind, wurde erstere zuerst in etwas Methanol und letzteres in etwas Ethanol gelöst, bevor sie dem Mischstandard zugegeben wurden. Um eine vollständige Lösung der Standardsubstanzen zu gewährleisten wurde der gesamte Standard ins Ultraschallbad gestellt.

Tab. 13: Standard Coffein und Chlorogensäure

Standard	Konzentration [mg/L]	Verdünnung	Verdünnungsfaktor (VF)
Standard 1	10	Ausgangsstandard	1
Standard 2	7,5	750 µl (1) + 250 µl H ₂ O	1,3
Standard 3	5	500 µl (1) + 500 µl H ₂ O	2
Standard 4	2,5	250 µl (1) + 750 µl H ₂ O	4
Standard 5	1	100 µl (1) + 900 µl H ₂ O	10
Standard 6	0,5	500 µl (5) + 500 µl H ₂ O	20

Da Theobromin im Kaffee nur in geringeren Mengen enthalten ist und zusätzlich der zu analysierende Kaffee für die Analysen 1:100 verdünnt wurde, „schrumpft“ auch der Peak. Deshalb wurde hierbei nur eine Standardkonzentration von 1 mg/L verwendet. Das bedeutet, dass die Misch-Stocklösung 1:10 verdünnt wurde (1 ml Standard + 9 ml dest. H₂O).

Tab. 14: Standard Theobromin

Standard	Konzentration [mg/L]	Verdünnung	Verdünnungsfaktor (VF)
Standard 1	1	Ausgangsstandard	1
Standard 2	0,75	750 µl (1) + 250 µl H ₂ O	1,3
Standard 3	0,5	500 µl (1) + 500 µl H ₂ O	2
Standard 4	0,25	250 µl (1) + 750 µl H ₂ O	4
Standard 5	0,1	100 µl (1) + 900 µl H ₂ O	10
Standard 6	0,05	500 µl (5) + 500 µl H ₂ O	20

Nach Analyse des Mischstandards mittels HPLC, wurde für jede Substanz eine Standardgerade zur Berechnung der Konzentrationen der einzelnen Inhaltsstoffe des Kaffees erstellt. Die Eichgerade enthielt für jeden Inhaltsstoff 6 Messpunkte. Die Konzentrationen der Standards lagen zwischen 10,0 mg/L und 0,5 mg/L für Coffein und Chlorogensäure und zwischen 1,0 mg/L und 0,05 mg/L für Theobromin.

3.2.1.1.1 Eichgerade Coffein

Für die verschiedenen Standardkonzentrationen (0,5 bis 10 mg/L) für Coffein wurden folgende Flächen (Areas) der Peaks evaluiert (Tab. 15) und eine Eichgerade erstellt. Diese war bei einer Korrelation von $R^2 = 0,9993$ linear (Abb.7):

Tab. 15: Konzentration und Fläche des Standards - Coffein

Konzentration des Standards [mg/L]	Area (Fläche) [mAU*]
0,5	0,4649
1,0	0,9805
2,5	2,3077
5,0	4,9598
7,5	7,5359
10,0	9,7903

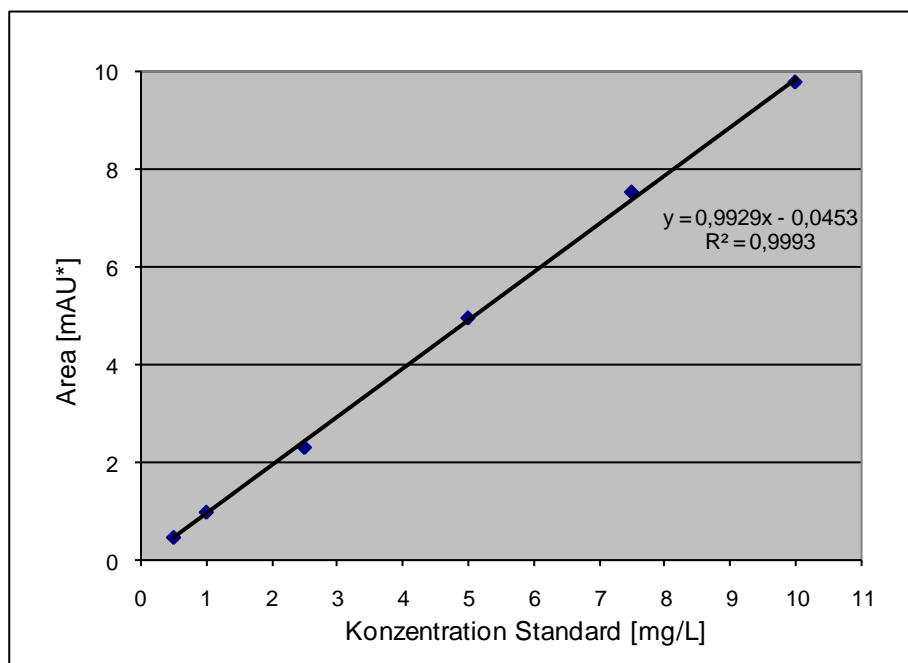


Abb. 7: Eichgerade Standard Coffein

Der Intra-Variationskoeffizient (innerhalb eines Tages) der HPLC-Methode wurde, durch eine zehnmahlige Bestimmung des Referenzkaffees der Sorte *Dallmayer Prodomo*, der nach dem Rezept *Frühstückskafee* mit Papierfilteraufguss zubereitet wurde, ermittelt. Der Intra-VK für Coffein lag bei 1,12 %. Ebenso wurde der Referenzkaffee bei den Analysen in jedem Monat mitbestimmt, um die Präzision der Methode zu kontrollieren. Der Inter-Variationskoeffizient (von Monat zu Monat) lag hier bei 3,79 %.

3.2.1.1.2 Eichgerade Chlorogensäure

Bei der Erstellung der Eichgeraden wurden den verschiedenen Chlorogensäurekonzentrationen (0,5 bis 10 mg/L) im Mischstandard folgende Flächen (Areas) zugeordnet (Tab. 16):

Tab. 16: Konzentration und Fläche des Standards - Chlorogensäure

Konzentration des Standards [mg/L]	Area (Fläche) [mAU*]
0,5	0,1469
1,0	0,2981
2,5	0,6973
5,0	1,4933
7,5	2,2767
10,0	2,9905

Die Eichgerade für die Chlorogensäure war linear und zwar bei einer Korrelation von $R^2 = 0,9995$ (Abb. 8).

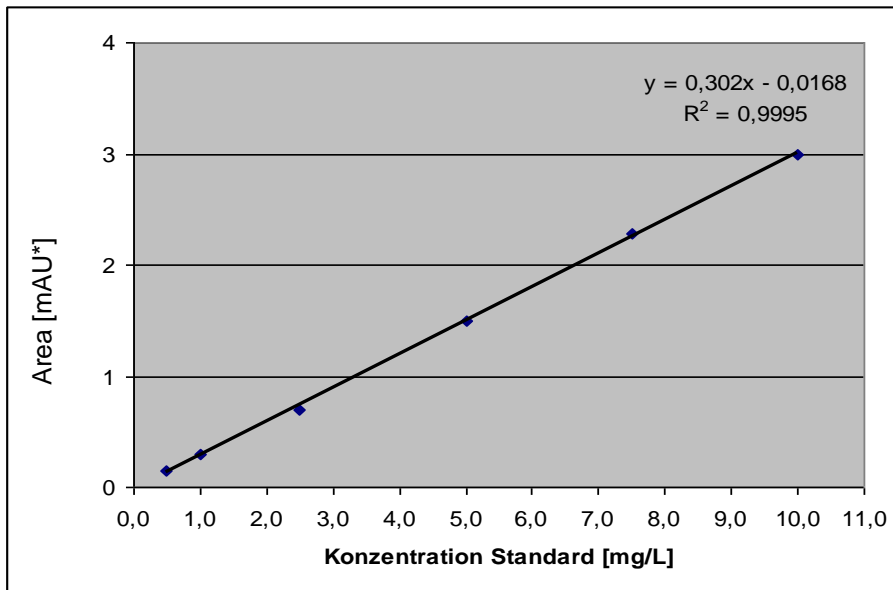


Abb. 8: Eichgerade Standard Chlorogensäure

Bei der zehnmahligen Bestimmung des Referenzkaffees der Sorte *Dallmayer Prodomo* konnte für die Chlorogensäure ein Intra-Variationskoeffizient (innerhalb eines Tages) von 1,09 % festgestellt werden. Ebenfalls wurde bei jeder Analyse der Referenzkaffee mitbestimmt, um die Präzision der Methode zu gewähren. Der Inter-Variationskoeffizient (von Monat zu Monat) lag hier bei 3,88 %.

3.2.1.1.3 Eichgerade Theobromin

Aus den verschiedenen Konzentrationen (0,05 bis 1 mg/L) des Theobrominstandards ergaben sich folgende Flächen (Areas) (Tab. 17). Die daraus resultierende Eichgerade für Theobromin war bei einer Korrelation von $R^2 = 0,9996$ linear (Abb. 9).

Tab. 17: Konzentration und Fläche des Standards - Theobromin

Konzentration des Standards [mg/L]	Area (Fläche) [mAU*]
0,0508	0,0531
0,1016	0,1066
0,2540	0,2603
0,5080	0,5494
0,7620	0,8458
1,0160	1,1130

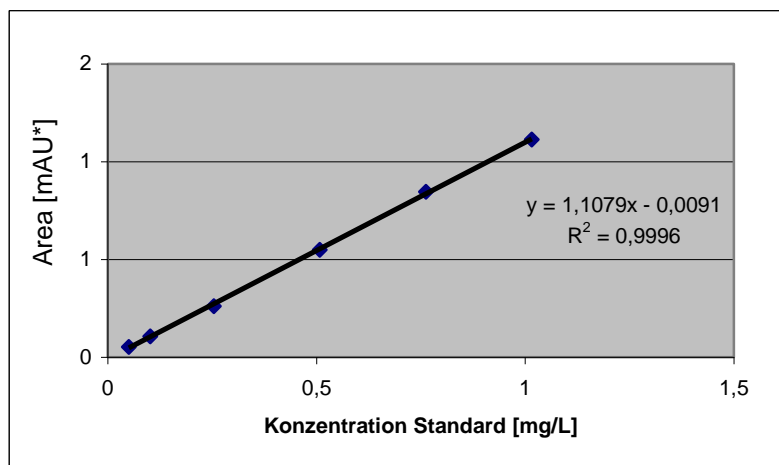


Abb. 9: Eichgerade Standard Theobromin

Bei der zehnmahligen Bestimmung des Referenzkaffees der Sorte *Dallmayer Prodomo* konnte ein Intra-Variationskoeffizient (innerhalb eines Tages) von 1,26 % für Theobromin errechnet werden. Die Präzision der Methode zwischen den Monaten ermittelt als der Inter-Variationskoeffizient (von Monat zu Monat) lag bei 3,63 %.

3.2.1.2. Durchführung der Analyse (HPLC)

Die Analysen wurden von März 2009 bis Dezember 2009 jedes Monat zum gleichen Zeitpunkt (Ende des Monats) durchgeführt. Die in jedem Monat frisch zubereiteten Kaffees wurden zuerst auf ca. 4 °C abgekühlt und anschließend 1:100 verdünnt (100 µl auf 10 ml Aqua bidest.). Vor der Analyse wurde die Säule mit 100 % Methanol aktiviert und vor der Verwendung von Puffer mit Methanol:Wasser 50:50 und Methanol:Wasser 20:80 gespült, da ansonsten der Puffer auskristallisiert. Alle Laufmittel wurden vor Verwendung mit Helium entgast.

Die verdünnten Kaffeeproben wurden in kleine Glasbehälter pipettiert, mit Gewinde und Plättchen verschlossen und in einen *Tray* gegeben. Danach wurde im HPLC-Computer-Programm *Chromeleon* eine Sequenz geschrieben, unterschiedliche Schleifenvolumina gewählt (20 µl und 40 µl) und der *Batch* mit einem UV-Shutdown gestartet. Die Analyse selbst dauerte mehrere Stunden (pro Probe 10 Minuten) und lief meist über Nacht. Am nächsten Tag wurde die HPLC dann in umgekehrter Reihenfolge gespült. Zuerst mit 100 % bidestilliertem Wasser, dann mit Methanol:Wasser 20:80, danach mit Methanol:Wasser 50:50 und zum Schluss wieder mit 100 % Methanol, in der die Säule bis zum nächsten Monat gelagert wurde.

Die Planung, Durchführung und Auswertung der HPLC-Ergebnisse erfolgte im vorher bereits erwähnten HPLC-Programm *Chromeleon*. Anschließend wurden die Chromatogramme integriert, die Konzentrationen im Microsoft *Excel* graphisch dargestellt und mit Unterstützung des Statistik-Programms SPSS 15.0 ausgewertet.

3.2.2. Bestimmung der Totalen Antioxidativen Kapazität (TAC)

Für die Bestimmung der Totalen Antioxidativen Kapazität wurde die Methode von RICE-EVANS und MILLER (1997) gewählt.

Die Totale Antioxidative Kapazität (TAC) spiegelt die Fähigkeit von Antioxidantien wider, das Radikalkation von ABTS⁺ (2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure]), welches charakteristische Absorptionsmaxima aufzeigt, in wässriger Phase abzufangen. Das Radikalkation ABTS⁺ wird gebildet, weil es zu einer Reaktion von peroxidativ aktivem Metmyoglobin und ABTS unter Anwesenheit von Wasserstoffperoxid kommt. Die Antioxidantien im Kaffee unterdrücken die Bildung des Radikals. Das ABTS⁺-Kation wird bei einer Wellenlänge von $\lambda = 734 \text{ nm}$ photometrisch gemessen, wobei die antioxidative Kapazität der Analysensubstanz ermittelt wird. Zum Vergleich wird das Maß der Hemmung der Standardsubstanz Trolox (6-Hydroxy-2,5,6,8-tetramethylchroman-2-carboxysäure) analysiert und eine Standardgerade mit bekannten Konzentrationen hergestellt. Das Maß der Hemmung der ABTS⁺-Kationen durch die Antioxidantien im Probenmaterial wird anschließend damit verglichen und so die Konzentrationen des Kaffees ermittelt.

Die Tabellen 18, und 19 zeigen die für die TAC Methode verwendeten Geräte und Reagenzien:

Tab. 18: Verwendete Geräte für TAC-Bestimmung

VERWENDETE GERÄTE	
UV-Vis Spectrometer	UV4 ATI UNICAM
Waage	METTLER, AT 201
pH-Meter	inoLab WTW Series pH 730
Wasserbad	JULABO 13

Vortex	Heidolph Reax, top
Pipette	Fixed 100 µl Finnpiquette, Labsystems J 343026 / 4501
Pipette	Fixed 1000 µl Finnpiquette, ThermoLabsystems N 52613 / 4501
Pipette	20-200 µl Finnpiquette, ThermoLabsystems S 46614 / 4500
Pipette	100-1000 µl Finnpiquette, ThermoLabsystems S 32993 / 4500
Küvetten	STERILIN Disposable Cuvettes, semi-micro, 2,5 ml, PS, visible range 221S; Barloworld Scientific Ltd.
Hamilton-Spritze (Myo)	100 µl Gastight # 1710, Hamilton-Bonaduz, Schweiz
Hamilton-Spritze (Probe)	100 µl Gastight # 1710, Hamilton Co, Reno Nevada
Stoppuhr	ROTH, Model No. TR 118

Tab. 19: Reagenzien für TAC-Bestimmung

REAGENZIEN	Hersteller
Trolox (6-Hydroxy-2,5,6,8-tetramethylchroman-2-carboxysäure)	Fulka
ABTS 2,2'-Azino-bis (2-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt, ~98% 2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure]	Sigma
Myoglobin	Sigma
Perdrogen 30% by weight H ₂ O ₂ Wasserstoffperoxid 30 Gew.%, stabilisiert	Riedel-de Haën
Natriumchlorid (NaCl) >99,8%	Roth
Kaliumchlorid (KCl)	Riedel-de Haën
di-Sodium hydrogen phosphate (di-Natriumhydrogenphosphat)	Riedel-de Haën
Potassium di-hydrogen phosphate (Kalium di-hydrogenphosphat)	Riedel-de Haën
1 N Salzsäure (3,6 %)	

3.2.2.1. Herstellung der Lösungen für die Bestimmung der TAC

1. Trolox

Vor dem Beginn der Analyse des frisch gerösteten Kaffees wurde am 26. Februar 2009 die Standard-Substanz Trolox hergestellt. Es wurden 156,41 mg Trolox in 250 ml PBS-Puffer (Herstellung siehe Pkt. 3) aufgelöst und

anschließend in 1,5 ml Cups à 1 ml Trolox pipettiert und bei – 18 °C tiefgefroren. Vor jeder Analyse wurde ein Tube aufgetaut und die Standardprobe nach dem folgenden Pipettierschema (Tab. 20) verdünnt.

Tab. 20: Herstellung der Standards für die TAC-Bestimmung

	Konzentration	Trolox (µl)	PBS (µl)
Standard 1	0,5 M	100	400
Standard 2	1,0 M	200	300
Standard 3	1,5 M	300	200
Standard 4	2,0 M	400	100
Standard 5	2,5 M	500 (pur)	---

2. Metmyoglobin

Das Metmyoglobin wurde ebenfalls vor dem Beginn der Analysen im Februar 2009 hergestellt und in 1,5 ml Cups à 1 ml bei – 18 °C tiefgefroren. Als Lösung 1 wurden 150,4 mg Myoglobin in 20 ml PBS-Puffer (siehe Pkt. 3) aufgelöst und anschließend mit 10 ml der Lösung 2 = Ferricyanidlösung (24,4 mg Ferricyanid in 100 ml PBS) oxidiert. Zur Fraktionierung des Myoglobins wurde eine mit PBS-Puffer gespülte Chromatographiesäule (35 x 2,5 cm Sephadex G-15-120 Säule) verwendet. Die Mischung aus Lösung 1 und 2 wurde auf diese Säule aufgetragen und mit PBS eluiert. Es wurden nacheinander jeweils 5 ml der braunen Fraktionen unterschiedlicher Intensität in je einer Epruvette gesammelt (insgesamt 10 Fraktionen – Tab. 21) und anschließend mit dem Photometer bei den Wellenlängen $\lambda = 490, 560, 580$ und 700 nm gegen PBS-Puffer gemessen. Anschließend wurden die Fraktionen verworfen, deren Werte weit entfernt des Mittels waren (F1 und F10). Zum Schluss wurden die übrigen Fraktionen in einem Becherglas gesammelt, vermischt und die Gesamtextinktion gemessen.

Tab. 21: Ermittelte Extinktionen für Myoglobin

	λ 490 nm	λ 560 nm	λ 580 nm	λ 700 nm	c= μ Mol/L
Fraktion 1	1,284	0,559	0,483	0,038	128,068
Fraktion 2	1,754	0,751	0,650	0,054	176,287
Fraktion 3	1,855	0,801	0,697	0,055	185,731
Fraktion 4	1,888	0,833	0,716	0,058	187,130
Fraktion 5	1,912	0,836	0,729	0,060	190,335
Fraktion 6	1,928	0,846	0,737	0,062	191,606
Fraktion 7	1,944	0,856	0,744	0,064	192,874
Fraktion 8	1,946	0,853	0,739	0,058	193,486
Fraktion 9	1,747	0,764	0,660	0,048	173,888
Fraktion 10	0,737	0,323	0,277	0,018	73,282
Gesamt F2-F9	1,887	0,810	0,701	0,052	189,442

3. PBS-Puffer

Der PBS-Puffer wurde jeden Monat am Tag der Analyse frisch hergestellt. Es wurden 8,2 g Natriumchlorid (NaCl), 0,2 g Kaliumchlorid (KCl), 1,2 g di-Natriumhydrogenphosphat und 0,2 g Kaliumdihydrogenphosphat eingewogen, in ein Becherglas überführt und in 800 ml bidestilliertem Wasser auf dem Magnetrührer aufgelöst, danach wurde der pH Wert von 7,4 mittels 1 N HCl eingestellt. Anschließend wurde der Puffer in einen 1000 ml Messkolben überführt und bis zur Markierung mit H₂O bidest. aufgefüllt. Es wurde etwas Puffer in 2 Epruvetten überführt und ca. 15 Minuten vor Beginn der Analysen in ein auf 30 °C temperiertes Wasserbad gestellt. Der restliche Puffer wurde entweder aufgehoben oder für die Herstellung von ABTS-Farbstoff (Pkt. 4), H₂O₂ Lösung (Pkt. 5), Standard (Pkt. 1), zur Messung der Probe selbst (Tab. 23: Pipettierschema) und im Februar 2009 für die Herstellung von der Standardsubstanz Trolox (Pkt. 1) und Methmyoglobin (Pkt. 2) verwendet.

4. ABTS Farbstoff

Es wurden für jede Analyse 56,86 mg ABTS eingewogen und in 20 ml PBS-Puffer aufgelöst. Da der Farbstoff lichtempfindlich ist wurden die Kolben und die Eprouvetten mit Alufolie umwickelt und dunkel gelagert. Der ABTS-Farbstoff wurde ebenfalls ca. 15 Minuten vor Beginn der Analysen in ein 30 °C warmes Wasserbad gestellt.

5. H₂O₂ Lösung

Für die Herstellung der Wasserstoffperoxid-Lösung wurden zuerst 515 µl des 30 %igen H₂O₂ mit 10 ml PBS-Puffer vermischt (Lösung A). Anschließend wurden von dieser Mischung 45 µl in einen 50 ml Messkolben pipettiert, mit PBS-Puffer aufgefüllt und vermengt (Lösung B). Nach der Fertigstellung der H₂O₂ Lösung wurde die Lösung A verworfen und mit der Lösung B weitergearbeitet.

3.2.2.2. Durchführung der TAC-Bestimmung

Die Extinktion der Trolox-Standardlösungen, welche Konzentrationen zwischen 0,5 – 2,5 mMol Trolox-Äquivalente/Liter (Tab. 22) hatten, wurden mit dem Photometer gemessen und anhand dieser eine Eichgerade (Abb. 10) mit 5 Messpunkten erstellt. Diese wurde zur Berechnung der TAC-Werte herangezogen. Die Eichgerade war bei einer Korrelation von $R^2 = 0,9998$ linear.

Tab. 22: Konzentration und Extinktion der Trolox-Standard-Lösungen

Konzentration der Standards [mMol Trolox-Äquivalent/L]	Extinktion der Standards [E _λ]
0,5	0,620
1,0	0,475
1,5	0,342
2,0	0,204
2,5	0,070

Da dies eine Lagerstudie war, wurde jeden Monat eine Testserie durchgeführt. Dazu wurden je eine Brühung Arabica und Robusta nach dem Rezept *Frühstückskaffee* (50 g Kaffeepulver auf 500 ml Kaffee) hergestellt und auf ca. 4 °C gekühlt. Anschließend wurden in dreifacher Bestimmung bei entsprechender Verdünnung (1:25) die jeweiligen Proben mittels Photometer untersucht.

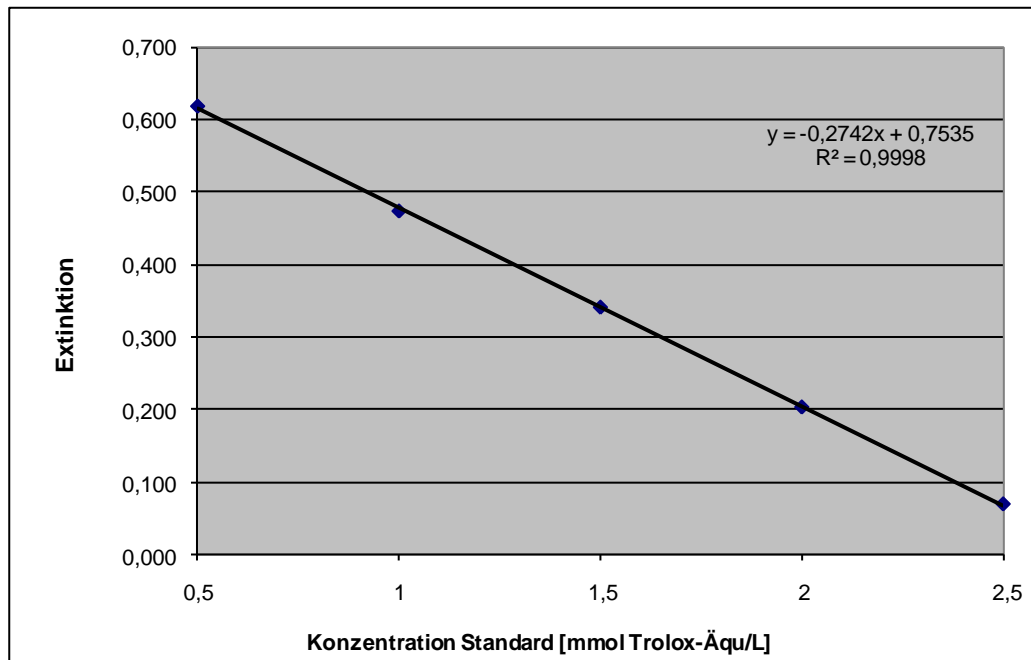


Abb. 10: Eichgerade zur Ermittlung der TAC-Werte

3.2.2.3. Messung der TAC-Werte

Für die Messung wurden der Leerwert, die Standards und die Proben nach dem unten angeführten Schema (Tab. 23), mit den jeweiligen zuvor hergestellten Reagenzien, aufbereitet und bei einer Wellenlänge von $\lambda = 734 \text{ nm}$ im Photometer gemessen. Der PBS-Puffer und der ABTS-Farbstoff wurden 15 Minuten vor Beginn der Messungen im Wasserbad bei 30°C temperiert und unter Lichtschutz aufbewahrt. Nach Dauer der Messung (sechs Minuten) wurde die Extinktion abgelesen und notiert. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistik-Programm SPSS 15.0.

Tab. 23: Pipettierschema für TAC-Messung

Leerwert	410 μl PBS-Puffer 400 μl ABTS 20 μl Metmyoglobin	
Nach 15 Sekunden	170 μl H_2O_2 (Lösung B) zufügen, um die Reaktion zu starten	Messung starten
Standard	410 μl PBS-Puffer 400 μl ABTS 10 μl Standard 20 μl Metmyoglobin	
Nach 15 Sekunden	170 μl H_2O_2 (Lösung B) zufügen, um die Reaktion zu starten	Messung starten
Probe	400 μl PBS-Puffer 400 μl ABTS 20 μl Probe 20 μl Metmyoglobin	
Nach 15 Sekunden	170 μl H_2O_2 (Lösung B) zufügen, um die Reaktion zu starten	Messung starten

3.2.2.4. Reproduzierbarkeit der Methode

Der Intra-Variationskoeffizient (VK) (innerhalb eines Tages) der Methode wurde ermittelt, durch eine zehnmalige Bestimmung des Referenzkaffees der Sorte *Dallmayer Prodomo*, der nach dem Rezept *Frühstückscafee* mit Papierfilteraufguss zubereitet wurde und lag bei 2,0 %. Ebenso wurde der Referenzcafee jeden Monat bei den Analysen mitbestimmt, um die Präzision der Methode aufzuzeigen. Der Inter-Variationskoeffizient (von Monat zu Monat) lag bei 4,8 %.

3.3. Sensorische Analyse

3.3.1. Probenvorbereitung

Zusätzlich zu den Laboranalysen (Bestimmung der Inhaltsstoffe mittels HPLC und der TAC mittels Photometrie) wurden am Beginn der Lagerdauer im März 2009, die frisch gerösteten Arabica und Robusta und nach 9 Monaten Lagerung die Kaffees im Dezember 2009, auf ihre sensorischen Eigenschaften mittels Quantitativer Deskriptiver Analyse (QDA) evaluiert. Dafür wurden die Proben ebenfalls mit Papierfilteraufgusszubereitung nach dem Rezept *Frühstückskaffee* frisch zubereitet und anschließend durch ein geschultes Panel analysiert.

3.3.2. Quantitative Deskriptive Analyse (QDA)

Die Quantitative Deskriptive Analyse (QDA) wurde nach STONE et al. (1974) durchgeführt. Die QDA ist eine analytische Prüfung, die zu den deskriptiven (beschreibenden) sensorischen Analysen zählt. Ein geschultes Panel beurteilt ein Produkt objektiv und alle subjektiven Meinungen und Empfindungen werden ausgeschlossen. Die Quantitative Deskriptive Analyse besteht aus 2 Phasen, der qualitativen und der quantitativen Phase.

In der ersten Phase der qualitativen Beschreibung wurden Attribute, das sind beschreibende Begriffe, gesucht die für das Produkt charakteristisch und für die Fragestellung relevant sind. Es wurden Attribute für den Geruch, den Geschmack bzw. das Flavor, das Aussehen, die Textur und das Mundgefühl sowie den Nachgeschmack gesucht und definiert (Tab. 24).

In der quantitativen Phase wurde die Intensität der einzelnen Attribute durch ein Panel, das aus 10 geschulten PanelistInnen (PrüferInnen) bestand, objektiv beurteilt. Anschließend wurde die Intensität auf einer Skala von 0 bis 10, mit zwei verbalen Ankerpunkten (nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv), eingetragen. Die zweite Phase umfasste zwei Durchgänge (Sessions), die normalerweise mit mindestens zwei Stunden Pause dazwischen, einmal am Vormittag (10 Uhr) und einmal am Nachmittag (13 Uhr) stattfanden.

Da es sich bei der QDA um eine analytische Prüfung handelt, fanden die sensorischen Prüfungen im Sensorik-Labor am *Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien* statt. Das Labor enthält 10 voneinander abgetrennte Sensorik-Kabinen, die alle mit einem Computer, einem Waschbecken und guter Beleuchtung ausgestattet sind.

Bei beiden Verkostungen im März und Dezember 2009 wurden die Kaffeeproben, der Arabica-Kaffee *Limu* aus Äthiopien und der Robusta-Kaffee aus Vietnam, frisch nach dem Rezept *Frühstückskaffee* 50 g Kaffeepulver auf 500 ml zubereitet und kurz bis zur Verkostung in Thermoskannen aufbewahrt. Die Proben wurden anschließend in vorgewärmte Tassen gegeben, mit Frischhaltefolie zugedeckt und auf Wärmeplatten den PanelistInnen randomisiert und somit für jeden gleich zur Verkostung in den Sensorik-Kabinen präsentiert. Alle Proben wurden mit einer dreistelligen Zufallszahl verschlüsselt. Die Neutralisation des Mundes während der Verkostung erfolgte mit Leitungswasser, welches ebenso in den Kabinen bereitgestellt wurde.

Tab. 24: Attributenliste für die Kaffeebeurteilung (QDA)

Attribut	Definition
GERUCH	
Kaffeegeruch allgemein	Beurteilung der Intensität des allgemeinen Kaffeegeruchs (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Brew-like (Geruch)	Beschreibung des Geruchs von frisch aufgebrühtem Röstbohnenkaffee (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Röstiger Geruch	Beurteilung der Intensität des Geruchs nach frisch geröstetem Kaffee (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Verbrannter/Rauchiger Geruch	Beurteilung der Intensität des verbrannten, überbrösteten, rauchigen Geruchs, assoziiert mit verbrannten Lebensmitteln (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Abgestanden (Geruch)	Geruch nach abgestandenen, alten Kaffee (Kaffeersatz) (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Holziger Geruch	Beurteilung der Intensität des typischen Geruchs von Holzspänen, assoziiert mit Holzmaterialien (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Erdiger Geruch	Beurteilung der Intensität des typischen Geruchs von feuchter Erde (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Heuartiger Geruch	Beurteilung der Intensität des typischen Geruchs von trockenem Heu oder Stroh (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Fruchtiger/Aromatischer Geruch	Beurteilung der Intensität des Geruchs von verschiedenen Früchten (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Fremdgeruch (Off Odor)	Negativer Geruch, assoziiert mit Verderb oder Veränderung des Produkts (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Ranziger Geruch	Beurteilung der Intensität des ranzigen Geruchs, assoziiert mit der Fett-Oxidation (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
FLAVOR / GESCHMACK	
Kaffeeflavor allgemein	Beurteilung der Intensität des allgemeinen Kaffeeflavors (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Brew-like (Flavor)	Beschreibung der Intensität des Flavors von frisch aufgebrühtem Röstbohnenkaffee (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)

Röstig (Flavor)	Beurteilung der Intensität des Flavors erinnernd an frisch gerösteten Kaffee (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Verbrannt/Rauchig (Flavor)	Beurteilung der Intensität des verbrannten, überrösteten, rauchigen Flavors, assoziiert mit verbrannten Lebensmitteln (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Abgestanden (Flavor)	Beurteilung der Intensität des Flavors, erinnernd an abgestandenen, alten Kaffee (Kaffeersatz) (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Holzig (Flavor)	Beurteilung der Intensität des typischen Flavors von Holzspänen, assoziiert mit Holzmaterialien (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Erdig (Flavor)	Beurteilung der Intensität des erdigen Flavors, assoziiert mit feuchter Erde (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Heuartig (Flavor)	Beurteilung der Intensität des typischen Flavors von trockenem Heu oder Stroh (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Fruchtig/Aromatisch (Flavor)	Beurteilung der Intensität des Flavors von verschiedenen Früchten (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Süßer Geschmack	Beurteilung der Intensität des süßen Geschmacks; Basalqualität; Geschmack der Saccharose-Lösung (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Saurer Geschmack	Beurteilung der Intensität des sauren Geschmacks; Basalqualität; Geschmack der Zitronensäure-Lösung (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Bitterer Geschmack	Beurteilung der Intensität des bitteren Geschmacks; Basalqualität; Geschmack der Coffeinelösung (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Fremdflavor (Off Flavor)	Negatives Flavor, assoziiert mit Verderb oder Veränderung des Produkts (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Ranzig (Flavor)	Beurteilung der Intensität des ranzigen Flavors, assoziiert mit der Fett-Oxidation (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
OPTIK / AUSSEHEN	
Farbe	Beurteilung der Intensität der Farbe allgemein (von hellbraun bis dunkelbraun)
Trübheit	Beurteilung der Intensität der Trübheit des Kaffees (von klar bis trüb)

Öligkeit	Beurteilung der Intensität der Öligkeit des Kaffees; Anwesenheit/Abwesenheit eines öligen Films an der Oberfläche (von nicht ölig bis sehr ölig)
TEXTUR UND MUNDGEFÜHL	
Viskosität als Mundgefühl	Beurteilung der ersichtlichen Viskosität, Fülle und Gewicht im Mund = Körper des Kaffees (von dünnflüssig bis dickflüssig)
Adstringierend	Beurteilung des Vorhandenseins eines zusammenziehenden trockenen, speichelarmen Mundraumes; Mundgefühl nach dem Trinken von starkem Schwarzen Tee (von nicht adstringierend bis stark adstringierend)
NACHGESCHMACK	
Nachgeschmack des Kaffees allgemein	Beurteilung der Intensität des allgemeinen Nachgeschmacks, 1 Minute nach dem Hinunterschlucken des Kaffees (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Bitterer Nachgeschmack	Beurteilung der Intensität des bitteren Nachgeschmacks, 1 Minute nach dem Hinunterschlucken des Kaffees (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)

Die Durchführung und Auswertung der QDA erfolgte mit dem ANALSENS NT Software Programm (Warschau, Polen 2006), ein speziell für die Lebensmittelsensorik konstruiertes Computerprogramm, dem Microsoft *Excel* und dem Statistik-Programm SPSS 15.0. Anschließend wurden alle Ergebnisse der Quantitativen Deskriptiven Analyse graphisch als *Spiderwebs* dargestellt.

3.3.3. Spiderweb

Das Produktprofil präsentiert als Spiderweb ist ein Netzdiagramm, welches Aufschluss über die sensorischen Eigenschaften der analysierten Produkte gibt. Dazu werden die Mittelwerte aus den Beurteilungen der Attribute durch die 10 PanelistInnen in den 2 Sessions (je 20 Ergebnisse) herangezogen und in einem Netz-Diagramm als verbundene Linie graphisch dargestellt.

3.4. Methoden der statistischen Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mittels dem Statistikprogramm SPSS 15.0 für Windows (Statistical Package for the Social Science, SPSS Incorp., Chicago Ill. USA) durchgeführt.

3.4.1. Prüfung auf Normalverteilung der Daten

Alle Daten wurden zunächst in Gruppen aufgeteilt und mit dem nichtparametrischen KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test (K-S-Test) auf Normalverteilung geprüft. Eine Gleichverteilung lag dann vor, wenn der Wert größer als 0,05 war und keine Normalverteilung war gegeben, wenn der Wert darunter lag ($< 0,05$).

3.4.2. Prüfung auf Unterschiede

Wenn eine Normalverteilung vorlag wurde der t-Test für unabhängige Stichproben nach LEVENE oder die Varianzanalyse ANOVA (Analysis of variance) verwendet. Waren Daten nicht normalverteilt oder der Stichprobenumfang sehr gering kam der U-Test von MANN und WHITHNEY zur Anwendung.

Signifikante Unterschiede der Mittelwerte waren gegeben, wenn

- $p < 0,05$ (5 %) signifikant,
- $p < 0,01$ (1 %) hoch signifikant und
- $p < 0,001$ (0,1 %) höchst signifikant ($p = 0,000$) war.

3.4.3. Prüfung auf Zusammenhang (Korrelation)

Für die Prüfung auf Zusammenhänge wurde bei normalverteilten Daten die PEARSONS Produkt Moment Korrelation und für nicht normalverteilte Daten die Rangkorrelation nach SPEARMAN berechnet. Die Höhe des Zusammenhangs wurde durch den Korrelationskoeffizienten „ r “ definiert. Wobei „ r “ = 0 keinen Zusammenhang darstellt und „ r “ = 1 bedeutet, dass ein perfekter Zusammenhang gegeben ist.

Ein Zusammenhang war gegeben, wenn $p < 0,05$ (signifikant), $p < 0,01$ (hoch signifikant) und $p < 0,001$ (höchst signifikant) war.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1. Die Veränderung der Inhaltsstoffe (Coffein, Chlorogensäure und Theobromin) von Arabica und Robusta Kaffee während einer Lagerdauer von 9 Monaten

4.1.1. Die Veränderungen der Inhaltsstoffe von Arabica Kaffee

Die Laborergebnisse des Arabica Kaffees *Limu* aus Äthiopien zeigten, dass sich die Coffein-, Chlorogensäure- (Abb. 11) und Theobromingehalte (Abb. 12) während der Dauer der Lagerung veränderten. Der frisch geröstete Arabica wies Konzentrationen von 640,59 mg Coffein/L, 366,15 mg Chlorogensäure/L und 15,58 mg Theobromin/L auf. Die Werte stiegen dann kontinuierlich bei allen drei Inhaltsstoffen an, bis sie bei Coffein 941,29 mg/L (+ 47 %) und Chlorogensäure 641,13 mg/L (+ 75 %) nach 8 Monaten und bei Theobromin 32,16 mg/L (+ 106 %) bereits nach 6 Monaten Lagerung, die höchste Konzentration erreichten. Danach nahmen die Gehalte wieder etwas ab, bei Coffein um 6 % auf 887,38 mg/L und bei Chlorogensäure um 10 % auf 578,11 mg/L im 9ten Monat. Beim Theobromin sank der Wert zwischen der Maximalkonzentration im 6ten Monat und dem 9ten Monat der Lagerung wieder um 17 % auf 26,68 mg/L. Es konnte in jedem Monat, im Vergleich mit dem Monat zuvor, ein höchst signifikanter Unterschied ($p=0,000$) festgestellt werden, mit Ausnahme der Chlorogensäure zwischen dem 6ten und 7ten Monat der Lagerung, wo nur eine Signifikanz von $p=0,021$ erreicht wurde und dem Theobromin zwischen dem 3ten und 4ten Monat ($p=0,502$) und dem 7ten und 8ten Monat ($p=0,037$).

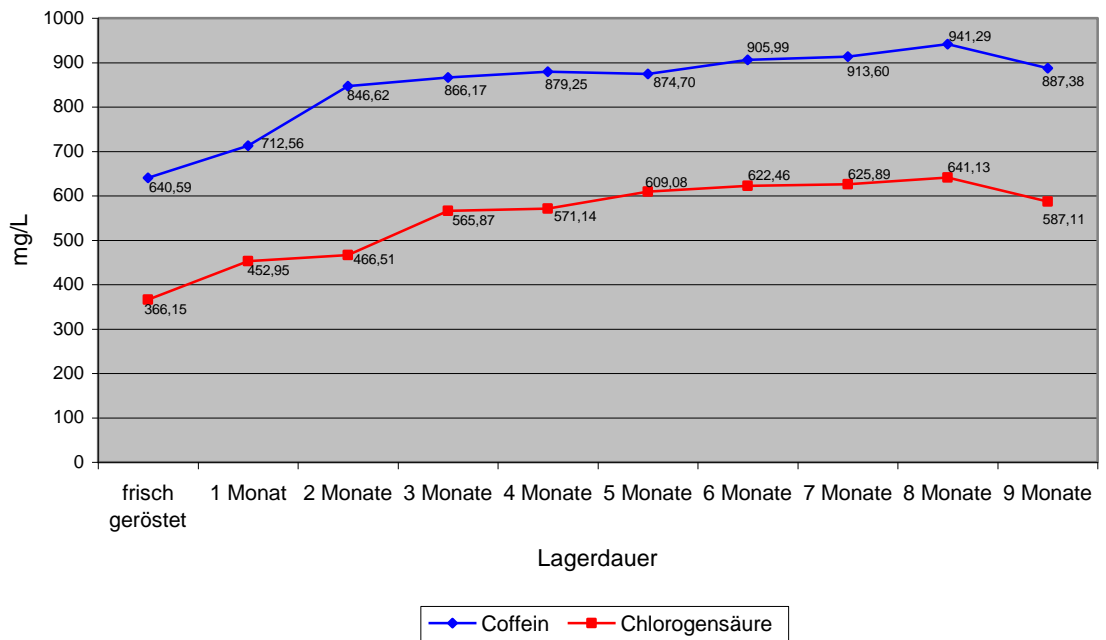


Abb. 11: ARABICA-Kaffee: Veränderungen von Coffein und Chlorogensäure während der 9-monatigen Lagerung

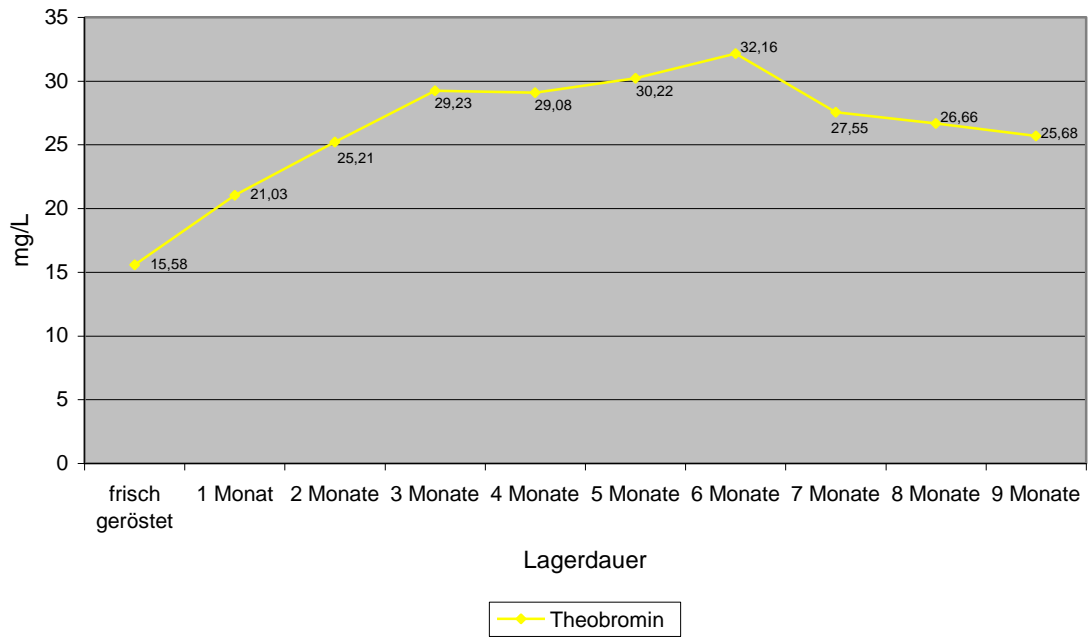


Abb. 12: ARABICA-Kaffee: Veränderungen von Theobromin während der 9-monatigen Lagerung

4.1.2. Die Veränderung der Inhaltsstoffe von Robusta Kaffee

Ein ähnliches Bild zeigen die Laborergebnisse des Robusta-Kaffees aus Vietnam. Der frisch geröstete Kaffee enthielt 957,59 mg Coffein/L, 155,76 mg Chlorogensäure/L (Abb. 13) und 3,66 mg Theobromin/L (Abb. 14). Ebenso wie beim Arabica-Kaffee nahmen die Konzentrationen während der Lagerung kontinuierlich zu und erreichten nach 7 Monaten bei Coffein mit 1.682,11 mg/L (+ 76 %) bzw. nach 6 Monaten Lagerung bei Chlorogensäure mit 464,70 mg/L (+ 198 %) und Theobromin mit 7,48 mg/L (+ 104 %) das Maximum. In den letzten 2 bis 3 Monaten der Lagerung sanken die Konzentrationen bei Coffein um 14 % auf 1.440,23 mg/L, bei der Chlorogensäure um 16 % auf 389,44 mg/L und bei Theobromin sogar um 33 % auf 5,01 mg/L. Bei Coffein und Chlorogensäure konnte in jedem Monat ein höchst signifikanter ($p=0,000$) Unterschied zum Vormonat festgestellt werden, bei Theobromin zwischen allen Monaten, mit Ausnahme zwischen dem 2ten und 3ten Monat ($p=0,001$) und dem 4ten und 5ten Monat ($p=0,001$).

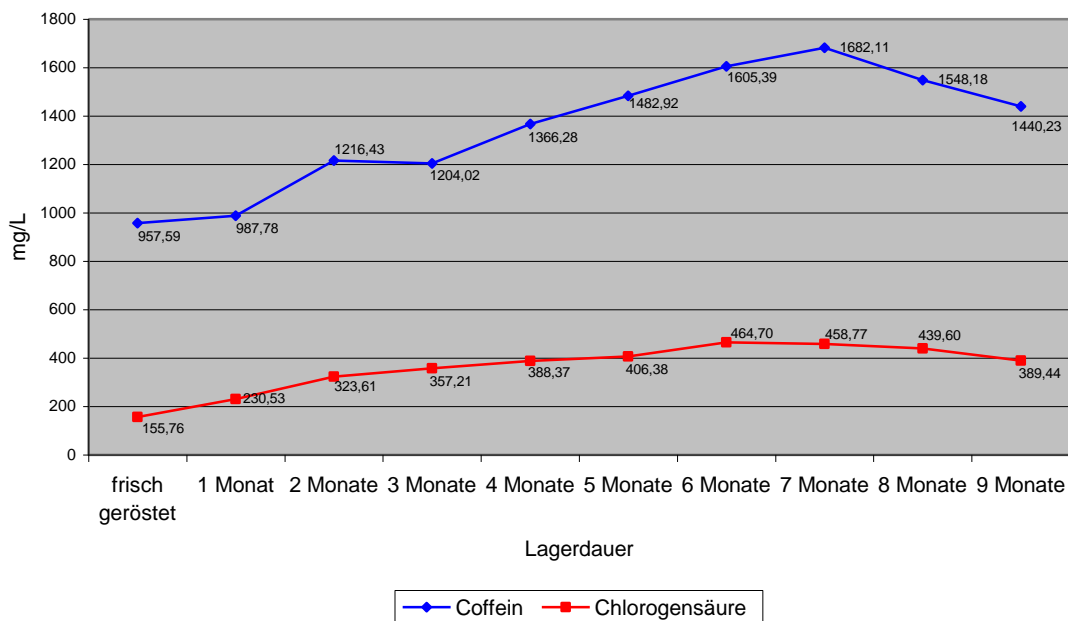


Abb. 13: ROBUSTA-Kaffee: Veränderungen von Coffein und Chlorogensäure während 9-monatiger Lagerung

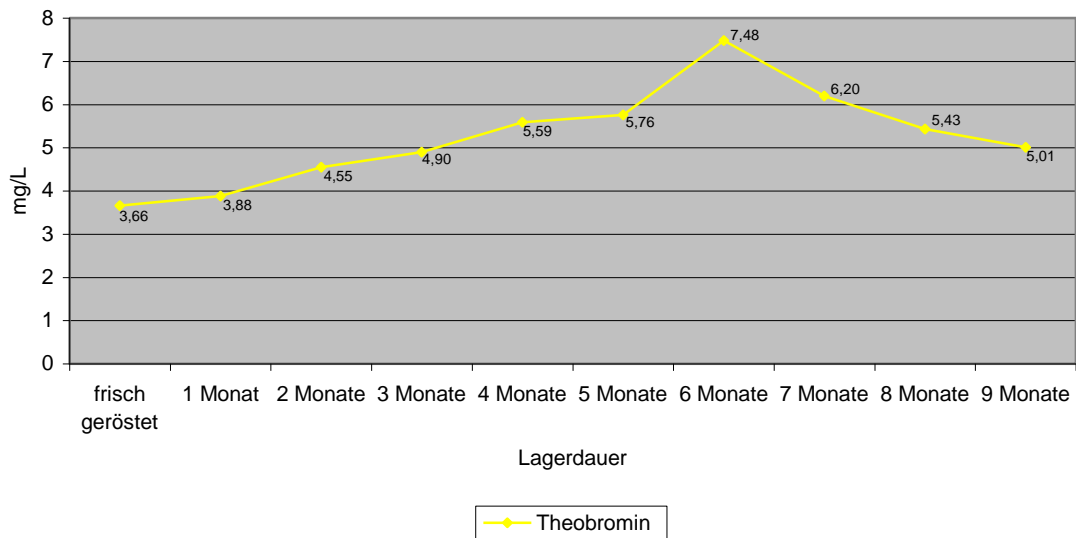


Abb. 14: ROBUSTA-Kaffee: Veränderungen von Theobromin während 9-monatiger Lagerung

4.1.3. Die Veränderungen der Inhaltsstoffe von Kaffee während der Lagerung – Sortenvergleich Arabica vs. Robusta

Vergleicht man die Laborergebnisse der einzelnen Inhaltsstoffe Coffein, Chlorogensäure und Theobromin von äthiopischem Arabica mit dem vietnamesischen Robusta Kaffee kommt man zu folgenden Schlüssen.

4.1.3.1. Coffein

Robusta-Kaffee zeigte nach der Röstung und über die gesamte Lagerdauer von 9 Monaten einen höheren Coffeingehalt (Abb. 15) als der Arabica-Kaffee. Der frisch geröstete Robusta enthielt mit 957,69 mg Coffein/L um 317 mg/L (50 %) mehr Coffein als der Arabica mit 640,59 mg Coffein/L. Über die Monate der Lagerung stiegen die Coffeinkonzentrationen bei beiden Kaffee-Sorten mehr oder weniger stark an, bis sie nach 7 Monaten beim Robusta (1.683,11 mg Coffein/L) und nach 8 Monaten Lagerung beim Arabica (941,29 mg Coffein/L)

die Höchstwerte erreichten, was einen Unterschied von 84 % zwischen den Sorten bedeutete. Die Steigerung der Coffeingehalte zwischen dem frisch gerösteten Kaffee und dem Erreichen des Maximums betrug beim Arabica 50 % und beim Robusta fast 80 %. Bei beiden Kaffeesorten sank die Konzentration nach Erreichen der Höchstkonzentration wieder ab, um 6 % beim Arabica und um ca. 15 % beim Robusta im 9ten Monat. Bei den Coffeinwerten konnte beim Vergleich Arabica und Robusta Kaffee in jedem Monat ein höchst signifikanter Unterschied zwischen den Sorten festgestellt werden ($p=0,000$).

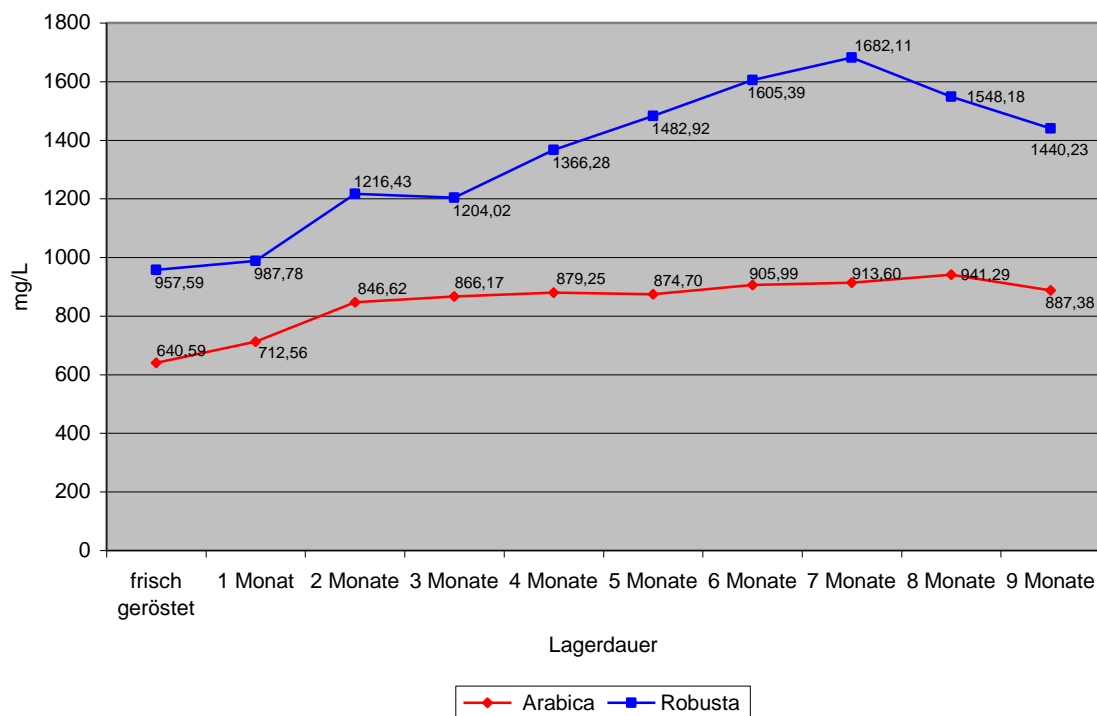


Abb. 15: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta – COFFEIN: Veränderungen während der Lagerung

4.1.3.2. Chlorogensäure

Beim Vergleich der Chlorogensäuregehalte (Abb. 16) von Arabica und Robusta zeigte sich, dass die Chlorogensäurewerte beim Arabica-Kaffee aus Äthiopien höher waren als beim Robusta-Kaffee aus Vietnam. Bereits der frisch geröstete

Arabica hatte mit 366 mg/L um mehr als doppelt so viel Chlorogensäure als der Robusta mit 155,76 mg Chlorogensäure/L. Nach bereits 6 Monaten Lagerung erreichte der Robusta Kaffee mit 464,70 mg Chlorogensäure/L, einer Steigerung von fast 200 % das Maximum, wogegen die Höchstkonzentration beim Arabica erst im 8ten Monat der Lagerdauer mit 641,13 mg/L und einer Steigerung von 75 % erreicht wurde. Der Unterschied der höchsten Chlorogensäurekonzentrationen zwischen den Sorten lag bei rund 40 %. Nach dem Erlangen der Maximalwerte sank bei beiden Kaffeesorten die Konzentration wieder etwas ab. Im 9ten Monat lagen die Chlorogensäurewerte beim Arabica bei 587,11 mg/L und beim Robusta bei 389,44 mg/L, wobei dies einen Unterschied von 33,67 % ausmachte. Während der gesamten Lagerdauer konnten im Sortenvergleich in jedem Monat höchst signifikante Unterschiede ($p=0,000$) zwischen den Kaffees festgestellt werden.

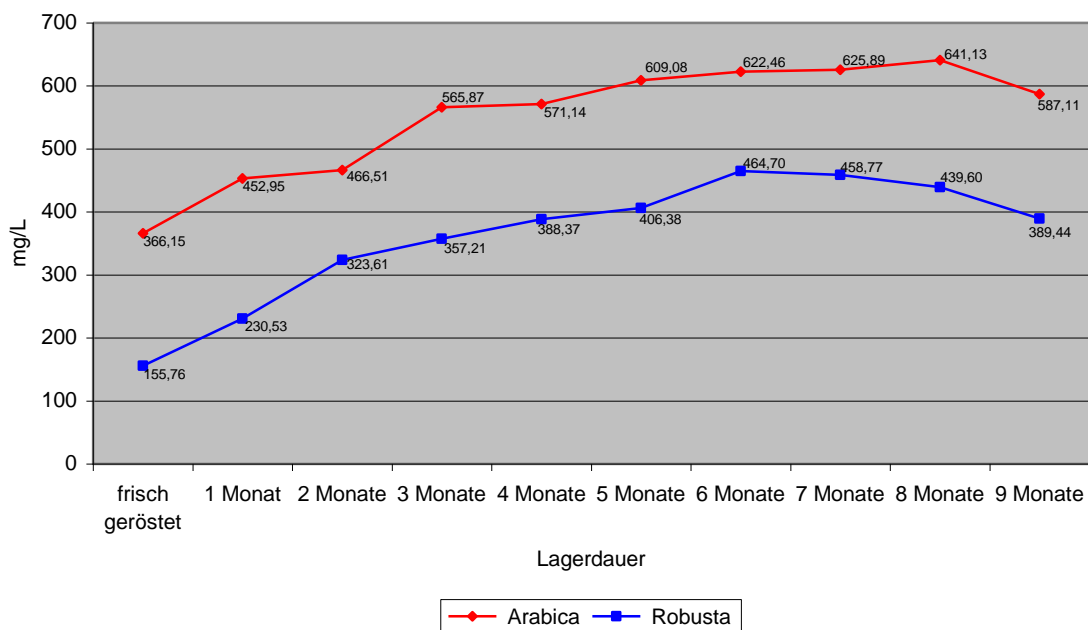


Abb. 16: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta – CHLOROGENSÄURE: Veränderungen während der Lagerung

4.1.3.3. Theobromin

Beim Vergleich der Theobromingehalte (Abb. 17) zeigte sich, dass der äthiopische Arabica mehr Theobromin enthielt als der vietnamesische Robusta. Der frisch geröstete Robusta wies nur geringe Konzentrationen von nur 3,66 mg Theobromin/L auf, wogegen der Arabica mehr als das 4-fache nämlich 15,58 mg Theobromin/L enthielt. Während der Lagerung nahmen die Theobrominwerte kontinuierlich zu und erreichten nach 6 Monaten jeweils das Maximum. Bei beiden Kaffeesorten stiegen die Konzentrationen an Theobromin um das Doppelte auf 32,16 mg/L (Arabica) und 7,48 mg/L (Robusta). Nach dem 6ten Monat nahmen bei beiden Kaffeesorten die Theobromingehalte wieder ab, nach 9 Monaten beim Arabica um ein Viertel (25,68 mg/L) und beim Robusta um ein Drittel (5,01 mg/L). Am Ende der Lagerdauer war die Theobrominkonzentrationen beim Arabica 5 Mal höher als beim Robusta Kaffee. Ebenfalls konnte im Sortenvergleich in jedem Monat der Lagerung eine Signifikanz von $p=0,000$ (höchst signifikant) zwischen den Kaffeesorten festgestellt werden.

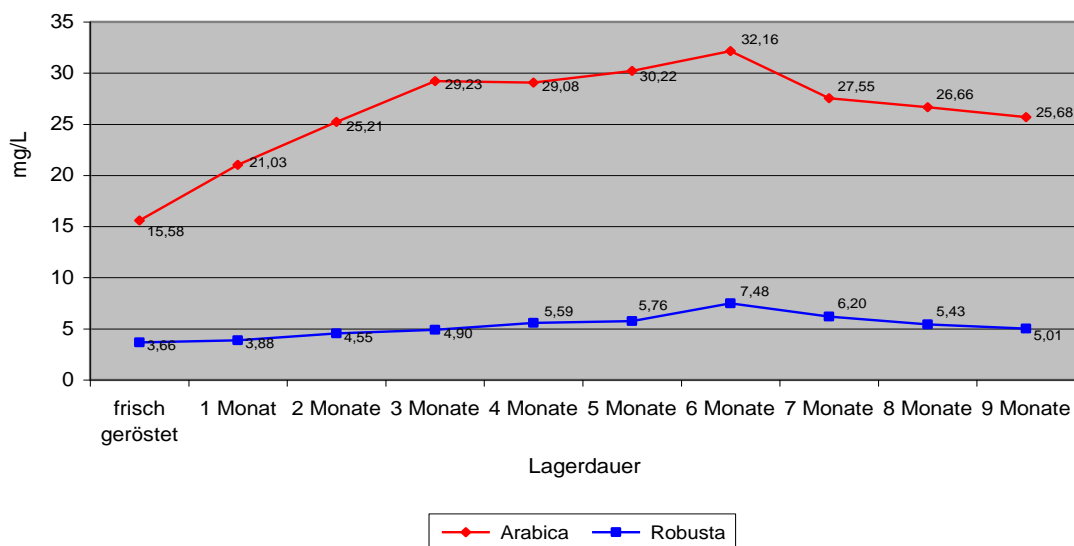


Abb. 17: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta – THEOBROMIN: Veränderungen während der Lagerung

4.2. Die Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität (TAC) von Arabica und Robusta Kaffee während einer Lagerdauer von 9 Monaten

4.2.1. Die Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität von Arabica Kaffee

Bei der äthiopischen Arabica-Sorte *Limu* zeigte sich bei der Totalen Antioxidativen Kapazität eine Veränderung der mmol Trolox-Äquivalente/L-Konzentration während der Dauer der 9 monatigen Lagerung (Abb.18). Das antioxidative Potential des frisch gerösteten Arabica Kaffees betrug 17,38 mmol Trolox-Äquivalente/L und stieg während der Lagerung bis zum 8ten Monat auf eine Höchstkonzentration von 31,42 mmol Trolox-Äquivalente/L an. Dies entspricht einer Zunahme von 81 % im Vergleich zum frisch gerösteten Arabica Kaffee. Im 9ten Monat der Lagerung sank das antioxidative Potential im Vergleich zum 8ten Monat um 6 % auf 29,68 mmol Trolox-Äquivalente/L. Es kam in jedem Monat zu einem höchst signifikanten Unterschied ($p=0,000$) im Vergleich zum Vormonat, mit Ausnahme zwischen den frisch gerösteten Arabica und dem ein Monat gelagerten ($p=0,005$) und zwischen dem 5 und 6 Monate gelagerten Kaffee ($p=0,480$).

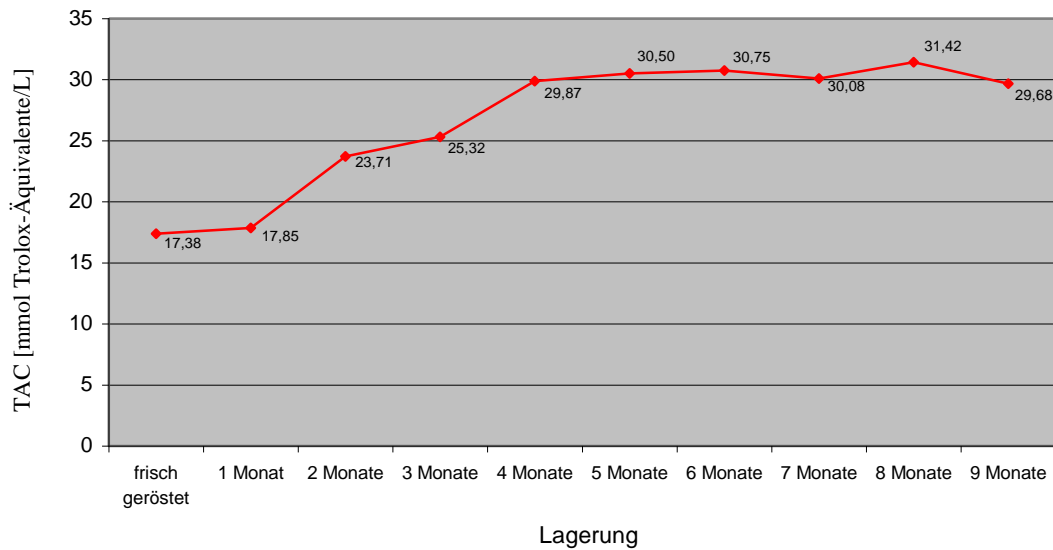


Abb. 18: ARABICA-Kaffee: Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität während der 9-monatigen Lagerung

4.2.2. Die Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität von Robusta Kaffee

Die antioxidative Kapazität der frisch gerösteten vietnamesischen Robusta-Kaffeesorte war mit 12,39 mmol Trolox-Äquivalente/L deutlich niedriger als die TAC-Werte des äthiopischen Arabica-Kaffees (Abb. 19). Auch beim Robusta Kaffee stiegen die Konzentrationen kontinuierlich an, wobei schon nach 6 Monaten mit 29,83 mmol Trolox-Äquivalenten/L das Maximum erreicht wurde. Es kam zu einer Steigerung von 141 % im Vergleich zum frisch gerösteten Robusta-Kaffee. Zwischen dem jeweiligen Monat und dem Folgemonat konnte ein höchst signifikanter Unterschied von $p=0,000$ festgestellt werden. Zu keinen Signifikanzen kam es jedoch zwischen dem frisch gerösteten Robusta und dem 1 Monat gelagerten ($p=0,900$) und zwischen dem 4ten und 5ten Monate gelagerten Kaffee ($p=0,069$).

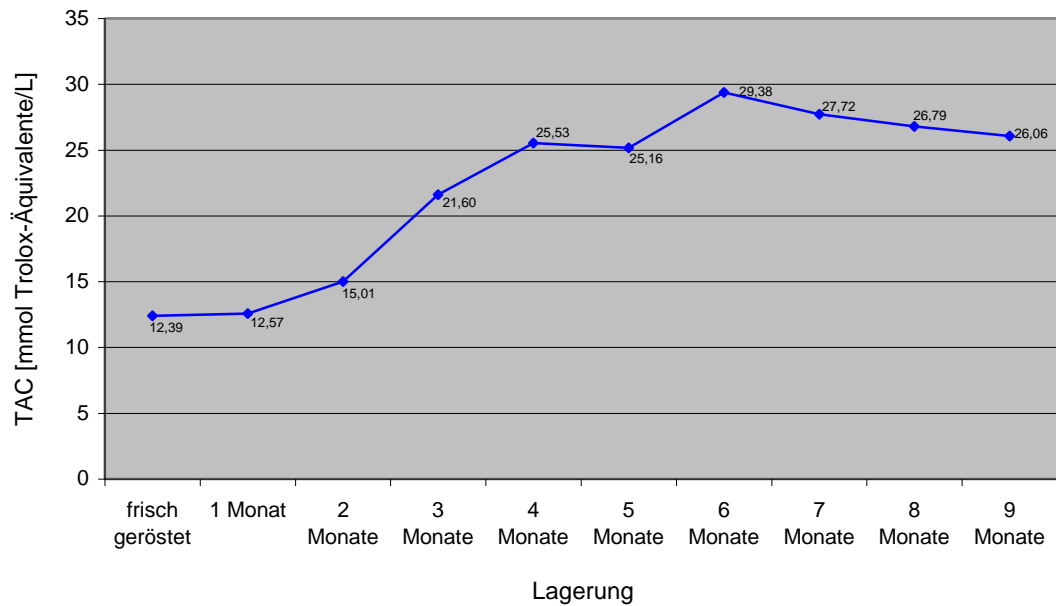


Abb. 19: ROBUSTA-Kaffee: Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität während der 9-monatigen Lagerung

4.2.3. Die Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität von Kaffee während der Lagerung – Sortenvergleich Arabica vs. Robusta

Vergleicht man die Laborergebnisse der Totalen Antioxidativen Kapazität von Arabica- und Robusta-Kaffee und die der Veränderung während der gesamten Lagerdauer, zeigt sich folgendes Bild (Abb. 20). Der äthiopische Arabica *Limu* wies im Allgemeinen höhere Werte als der vietnamesische Robusta auf, sowohl im frisch gerösteten Kaffee als auch während der gesamten Lagerdauer. Der frisch geröstete Arabica-Kaffee enthielt 17,38 mmol Trolox-Äquivalente/L und der Robusta nur 12,39 mmol Trolox-Äquivalente/L, was einen Unterschied von 30 % ausmachte. Bei beiden Kaffeesorten stiegen die TAC-Werte über die Monate der Lagerung an, bis sie beim Arabica im 8ten Monat (31,42 mmol Trolox-Äquivalente/L) und beim Robusta bereits im 6ten Monat der Lagerung (29,83 mmol Trolox-Äquivalente/L) das Maximum erlangten. Wobei die TAC-Werte beim Arabica um das 1,8fache und beim Robusta um das 2,4fache,

zwischen dem frisch gerösteten Kaffee und dem Kaffee im Monat mit der Höchstkonzentration an mmol Trolox-Äquivalente/L, steigerten. Danach nahm bei beiden Kaffeesorten die Konzentration wieder etwas ab, im Falle des Arabicas um 6 % auf 29,68 mmol Trolox-Äquivalente/L und des Robustas um 13 % auf 26,06 mmol Trolox-Äquivalente/L, was einen Unterschied von 14 % ausmachte. Beim Vergleich der Totalen Antioxidativen Kapazität von Arabica und Robusta konnte jeden Monat ein höchst signifikanter Unterschied ($p=0,000$) zwischen den unterschiedlichen Kaffeesorten festgestellt werden, mit Ausnahme des 6ten Monats der Lagerung, in dem eine geringere Signifikanz ($p=0,004$) beobachtet wurde.

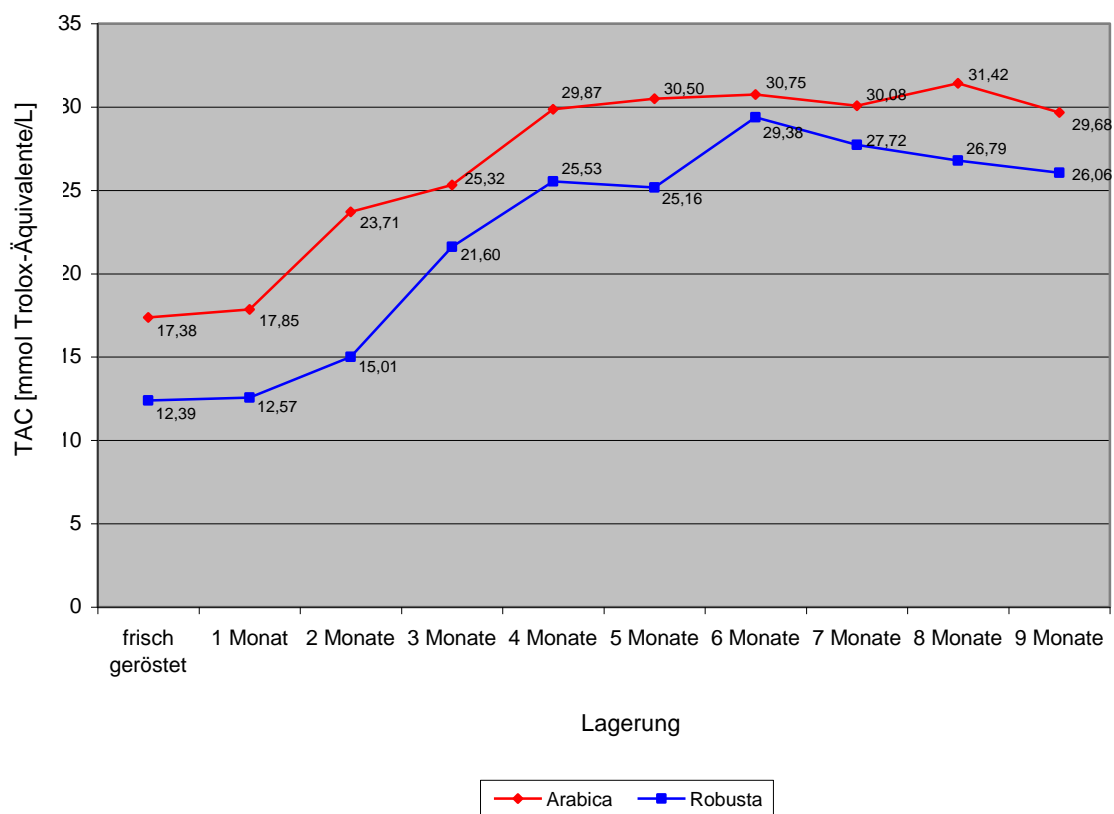


Abb. 20: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta – Veränderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität während der Lagerung

4.3. Sensorische Untersuchungen

4.3.1. Quantitative Deskriptive Analyse (QDA) von Arabica und Robusta

4.3.1.1. Vergleich des frisch gerösteten und dem 9 Monate gelagerten Arabica-Kaffees

Vergleicht man die Ergebnisse der QDA des frisch gerösteten und des 9 Monate gelagerten Arabica-Kaffees aus Äthiopien, kann man anhand des Spiderwebs deutliche Veränderungen im Profil erkennen (Abb. 21). Der frisch geröstete Arabica zeigte bei den Attributen allgemeiner Kaffeegeruch, -flavor und allgemeiner Nachgeschmack (8,1 Pkt., 8,0 Pkt., 6,9 Pkt.) höhere Werte als der 9 Monate gelagerte Arabica (7,1 Pkt., $p=0,006$; 7,2 Pkt., $p=0,016$; 6,2 Pkt., $p=0,246$), wobei es beim Kaffeegeruch und –flavor einen signifikanten Unterschied gab, beim Nachgeschmack jedoch nicht.

Auch bei den Eigenschaften brew-like und röstig im Geruch und Flavor waren die Werte beim frischen Arabica-Kaffee (7,8 Pkt., 7,0 Pkt., 7,3 Pkt., 7,1 Pkt.) signifikant höher als beim 9 Monate gelagerten Kaffee (6,5 Pkt., $p=0,001$; 6,1 Pkt., $p=0,025$; 6,2 Pkt., $p=0,018$; 6,0 Pkt., $p=0,036$).

Die charakteristischen Arabica Eigenschaften fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavor sowie der süße Geschmack wurden jeweils beim frisch gerösteten Arabica (7,3 Pkt., 6,9 Pkt., 3,0 Pkt.,) intensiver beurteilt als bei der Verkostung nach 9-monatiger Lagerung (6,5 Pkt., $p=0,015$; 6,4 Pkt., $p=0,738$; 2,8 Pkt., $p=0,624$). Die Unterschiede waren jedoch nur beim fruchtig/aromatischen Geruch signifikant.

Nach 9 Monaten Lagerung konnte eine signifikant stärkere Ausprägung bei fast allen (außer das Attribut verbrannt/rauchig im Geruch und Flavor) Eigenschaften, die eigentlich typisch für Robusta-Kaffee sind, beobachtet

werden. Die Attribute verbrannt/rauchig, holzig, erdig und heuartig sowohl im Geruch (2,0 Pkt., 2,2 Pkt., 1,7 Pkt., 2,3 Pkt.) als auch im Flavor (2,4 Pkt., 2,0 Pkt., 1,8 Pkt., 2,5 Pkt.) wurden bei dem 9 Monate alten Arabica als signifikant intensiver beurteilt als bei dem frisch gerösteten Kaffee (Geruch: 1,5 Pkt., $p=0,290$; 0,8 Pkt., $p=0,000$; 0,5 Pkt., $p=0,000$; 1,2 Pkt., $p=0,009$; Flavor: 1,4 Pkt., $p=0,061$; 1,1 Pkt., $p=0,007$; 0,7 Pkt., $p=0,001$; 1,1 Pkt., $p=0,001$).

Die Ausprägung von bitteren Geschmack und Nachgeschmack, welche von den ProbandInnen bei dem 9 Monate gelagerten Kaffee (4,1 Pkt., 3,7 Pkt.) als intensiver beurteilt wurden als beim frisch gerösteten Kaffee (3,6 Pkt., $p=0,138$; 3,2 Pkt., $p=0,132$) war nicht signifikant. Ebenso die Adstringenz war beim 9 Monate gelagerten Arabica (4,1 Pkt.) stärker als beim frischen Kaffee (3,4 Pkt., $p=0,170$), jedoch war der Unterschied ebenfalls nicht signifikant.

Bei der Ausprägung der negativen Attribute abgestanden und ranzig im Geruch und im Flavor sowie Fremdgeruch und -flavor, die durch die Lagerung und den Alterungsprozess des Kaffees beeinflusst werden, konnten signifikante Unterschiede zwischen dem frisch gerösteten und 9 Monate gelagerten Kaffee, gefunden werden. Die Werte waren beim gelagerten Kaffee (1,8 Pkt., 1,0 Pkt., 1,9 Pkt., 0,9 Pkt., 1,3 Pkt., 1,5 Pkt.) deutlich höher als beim frischen Kaffee (0,0 Pkt., $p=0,000$; 0,0 Pkt., $p=0,000$; 0,0 Pkt., $p=0,000$; 0,0 Pkt., $p=0,002$; 0,0 Pkt., $p=0,001$; 0,0 Pkt., $p=0,002$).

Weiters konnten nach 9-monatiger Lagerung Unterschiede in der Farbe, Trübheit und Öligkeit der Kaffees festgestellt werden, wobei die PanelistInnen jeweils diese Eigenschaften bei dem 9 Monate gelagerten Kaffee (7,7 Pkt., 5,3 Pkt., 4,1 Pkt.) als signifikant intensiver beurteilten als bei dem frischen Arabica-Kaffee (6,5 Pkt., $p=0,016$; 3,5 Pkt., $p=0,018$; 1,9 Pkt., $p=0,003$).

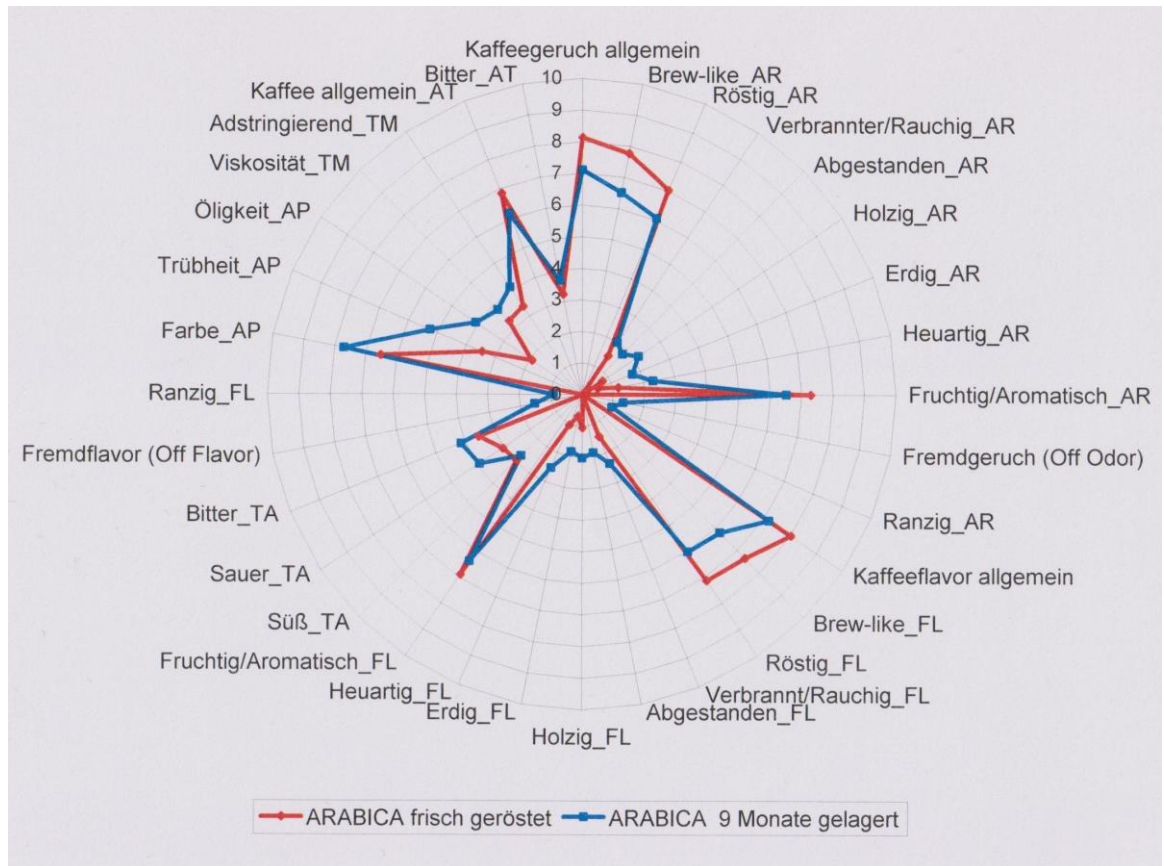


Abb. 21: Veränderungen im Produktprofil von ARABICA-Kaffee nach 9 Monaten Lagerung

AR – Aroma (Geruch)
 FL – Flavor
 TA – Taste (Geschmack)
 AP – Appearance (Optik / Aussehen)
 TM – Texture and Mouthfeel (Textur und Mundgefühl)
 AT – Aftertaste (Nachgeschmack)

4.3.1.2. Vergleich des frisch gerösteten und dem 9 Monate gelagerten Robusta-Kaffees

Betrachtet man die Produktprofile (Abb. 22) des frisch gerösteten und des 9 Monate gelagerten Robusta-Kaffees, erkennt man genauso wie beim Arabica Veränderungen, die aufgrund der Lagerung und des Alterungsprozesses des Kaffees sichtbar wurden. Die Attribute allgemeiner Kaffeeeruch und -flavor sowie allgemeiner Kaffee-Nachgeschmack wurden jeweils beim frisch

gerösteten Robusta (7,5 Pkt., 6,8 Pkt., 6,7 Pkt.) intensiver bewertet als beim 9 Monate gelagerten Kaffee (6,2 Pkt., $p=0,032$; 5,8 Pkt., $p=0,134$; 6,3 Pkt., $p=0,573$), eine Signifikanz konnte jedoch nur beim allgemeinen Kaffeegeruch gefunden werden.

Jedoch bei den Eigenschaften brew-like und röstig im Geruch und im Flavor wurde der frisch geröstete Kaffee (5,2 Pkt., 5,3 Pkt., 4,2 Pkt., 4,5 Pkt.) immer signifikant höher bewertet als der gelagerte Kaffee (2,8 Pkt., $p=0,000$; 3,3 Pkt., $p=0,001$; 2,9 Pkt., $p=0,050$; 2,9 Pkt., $p=0,019$).

Die typischen Robusta-Kaffee Attribute verbrannt/rauchig, holzig, erdig und heuartig, sowohl im Geruch als auch im Flavor, beurteilten die ProbandInnen im gelagerten Kaffee als intensiver (Geruch: 7,3 Pkt., 7,2 Pkt., 7,2 Pkt., 5,2 Pkt.; Flavor: 7,1 Pkt., 7,2 Pkt., 7,4 Pkt., 5,0 Pkt.) im Vergleich zum frisch gerösteten Robusta (Geruch: 6,5 Pkt., $p=0,118$; 5,4 Pkt., $p=0,001$; 5,1 Pkt., $p=0,000$; 5,0 Pkt., $p=0,500$; Flavor: 6,3 Pkt., $p=0,249$; 5,8 Pkt., $p=0,002$; 5,2 Pkt., $p=0,000$; 4,7 Pkt., $p=0,401$). Signifikanzen konnten jedoch nur bei den Attributen holzig und erdig im Geruch und Flavor festgestellt werden.

Der bittere Geschmack und Nachgeschmack waren beim 9 Monate gelagerten Robusta-Kaffee (8,4 Pkt., 7,4 Pkt.) auch signifikant stärker ausgeprägt als beim frisch gerösteten Kaffee (7,4 Pkt., $p=0,007$; 6,2 Pkt., $p=0,003$). Diese Eigenschaften bedingten höchst wahrscheinlich auch die stärkere Adstringenz im gelagerten (6,2 Pkt.) gegenüber dem frisch gerösteten Kaffee (5,8 Pkt., $p=0,449$), wobei die Unterschiede nicht signifikant waren.

Bei den optischen Attributen wurde die Öligkeit beim 9 Monate gelagerten Kaffee (3,3 Pkt.) signifikant höher bewertet als beim frisch gerösteten Robusta (1,8 Pkt., $p=0,014$). Die beiden anderen Eigenschaften, die das Aussehen von Kaffee beschreiben, wie die Farbe und Viskosität waren beim gelagerten Kaffee stärker ausgeprägt als beim frisch gerösteten, jedoch nicht signifikant.

Die negativen Eigenschaften eines Kaffees abgestanden und ranzig im Geruch und im Flavor sowie der Fremdgeruch und –flavor waren beim gelagerten Robusta (6,5 Pkt., 4,3 Pkt., 6,9 Pkt., 3,5 Pkt., 4,7 Pkt., 4,6 Pkt.) höchst signifikant intensiver als beim frisch gerösteten Robusta-Kaffee (0,1 Pkt.,

p=0,000; 0,0 Pkt., p=0,000; 0,1 Pkt., p=0,000; 0,0 Pkt., p=0,000; 0,1 Pkt., p=0,000; 0,1 Pkt., p=0,000), bei dem sie kaum wahrgenommen wurden.

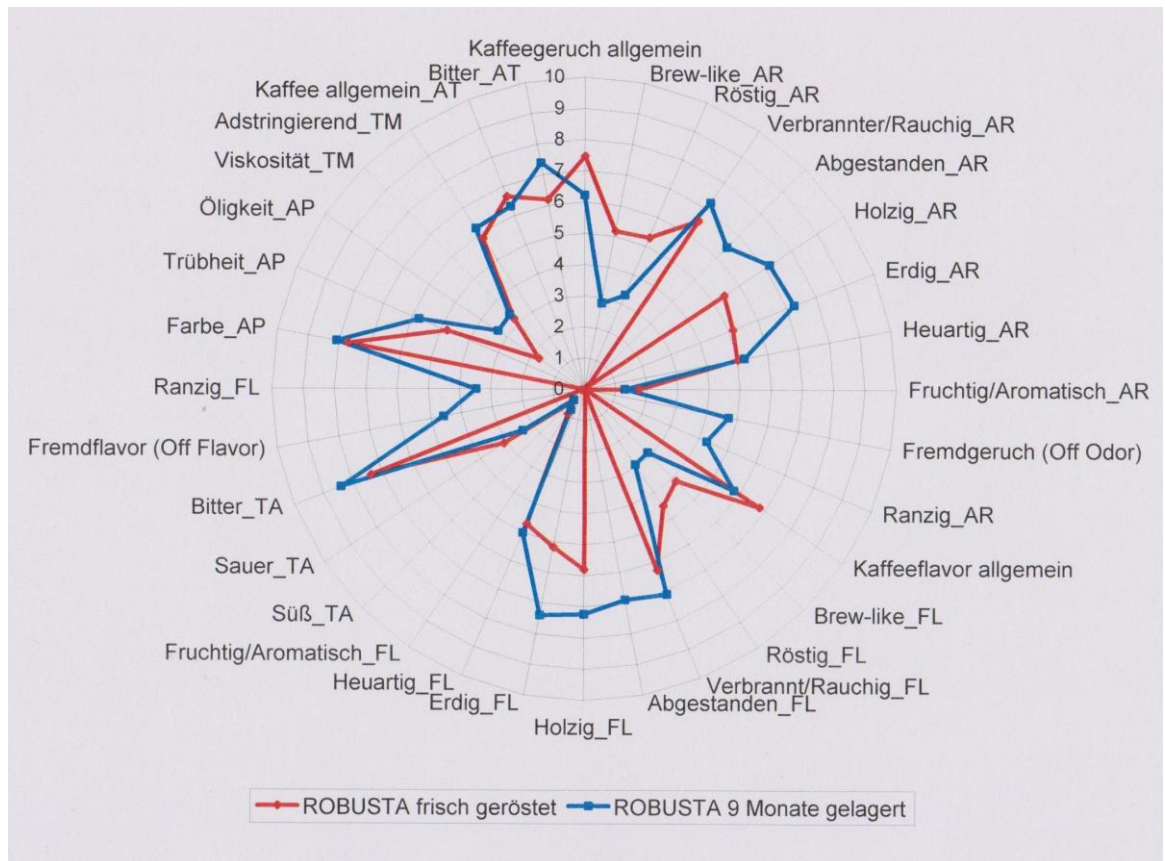


Abb. 22: Veränderungen im Produktprofil von ROBUSTA-Kaffee nach 9 Monaten Lagerung

AR – Aroma (Geruch)
 FL – Flavor
 TA – Taste (Geschmack)
 AP – Appearance (Optik / Aussehen)
 TM – Texture and Mouthfeel (Textur und Mundgefühl)
 AT – Aftertaste (Nachgeschmack)

4.3.1.3. Produktprofil des frisch gerösteten Kaffees (Vergleich Arabica vs. Robusta)

Bei dem Produktprofil (Abb. 23) für den frisch gerösteten Arabica- und Robusta-Kaffee im März 2009 konnte festgestellt werden, dass die Attribute, die typisch für Robusta Kaffeesorten sind, verbrannt/rauchig, holzig, erdig und heuartig, sowohl im Geruch (6,5 Pkt., 5,4 Pkt., 5,1 Pkt., 5,0 Pkt.) als auch im Flavor (6,3 Pkt., 5,8 Pkt., 5,2 Pkt., 4,7 Pkt.) bei Robusta aus Vietnam als höchst signifikant ($p < 0,001 = 0,1 \%$) intensiver beurteilt wurden als bei der Arabica Sorte *Limu* aus Äthiopien (Geruch: 1,5 Pkt., 0,8 Pkt., 0,5 Pkt., 1,2 Pkt.; Flavor: 1,4 Pkt., 1,1 Pkt., 0,7 Pkt., 1,1 Pkt.). Im Gegensatz dazu waren der fruchtig/aromatische Geruch ($p=0,000$) und Flavor ($p=0,000$) sowie der süße Geschmack ($p=0,000$), welche typische Eigenschaften von Arabica-Kaffee darstellen, beim *Limu* (7,3 Pkt., 6,9 Pkt., 3,0 Pkt.) signifikant stärker ausgeprägt als bei der Robusta-Kaffeesorte (1,7 Pkt., 0,9 Pkt., 0,5 Pkt.). Weiters wurden die Attribute brew-like und röstig im Geruch sowie im Flavor beim Arabica (7,8 Pkt., 7,0 Pkt., 7,3 Pkt., 7,1 Pkt.) als signifikant höher eingestuft als bei Robusta (5,2 Pkt., $p=0,000$; 5,3 Pkt., $p=0,001$; 4,2 Pkt., $p=0,000$; 4,5 Pkt., $p=0,000$).

Der bittere Geschmack und Nachgeschmack, welche von den PanelistInnen bei Robusta (7,4 Pkt., 6,2 Pkt.) als höchst signifikant ($p=0,000$) intensiver beurteilt wurden als bei Arabica (3,6 Pkt., 3,2 Pkt.), bedingten höchst wahrscheinlich auch das stärker ausgeprägte adstringierende Mundgefühl ($p=0,000$) von Vietnam-Kaffee (5,8 Pkt.) gegenüber dem *Limu* (3,4 Pkt.). Die Arabica-Sorte *Limu* wurde hingegen im Kaffeegeruch und -flavor allgemein (8,1 Pkt., 8,0 Pkt.) als intensiver bewertet als die Robusta-Kaffeesorte (7,5 Pkt., $p=0,086$; 6,8 Pkt., $p=0,277$). Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Die negativen Attribute (abgestanden und ranzig im Geruch/Flavor und Fremdgeruch und -flavor), die mit dem Verderb und der langen Lagerdauer zusammenhängen, konnten bei der Evaluierung von frisch gerösteten Kaffee nicht festgestellt werden.

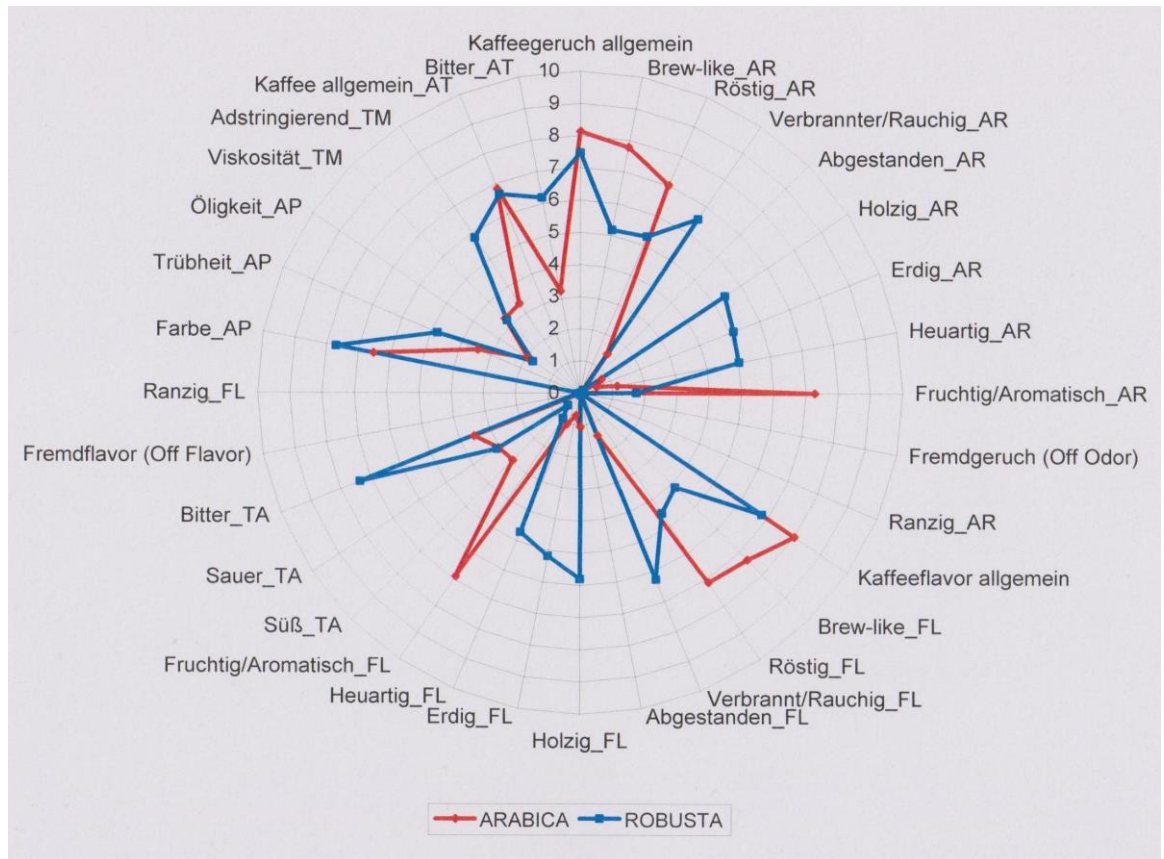


Abb. 23: Produktprofil: Arabica vs. Robusta – frisch geröstet (März 2009)

AR – Aroma (Geruch)

FL – Flavor

TA – Taste (Geschmack)

AP – Appearance (Optik / Aussehen)

TM – Texture and Mouthfeel (Textur und Mundgefühl)

AT – Aftertaste (Nachgeschmack)

4.3.1.4. Produktprofil des Kaffees nach 9 Monaten Lagerung (Vergleich Arabica vs. Robusta)

Nach 9 Monaten Lagerung wurden die beiden Kaffeesorten Arabica aus Äthiopien und Robusta aus Vietnam erneut sensorisch beurteilt. Ein weiteres Produktprofil (Abb. 24) wurde erstellt, an dem zu erkennen ist, dass die typischen Robusta-Kaffeeigenschaften wie verbrannt/rauchig, holzig, erdig und heuartig sowohl im Geruch als auch im Flavor stärker im Kaffee aus Vietnam

(Robusta) ausgeprägt waren als im Kaffee aus *Limu* (Arabica). Die Unterschiede zwischen den Sorten im Bezug auf die erwähnten Attribute waren statistisch Signifikant (Arabica: 2,0 Pkt., 2,2 Pkt., 1,7 Pkt., 2,3 Pkt. und Robusta: 7,2 Pkt., $p=0,000$; 7,2 Pkt., $p=0,000$; 7,2 Pkt., $p=0,000$; 5,2 Pkt., $p=0,000$). Im Gegensatz dazu waren der fruchtig/aromatische Geruch und Flavor und der süße Geschmack beim Arabica-Kaffee (6,5 Pkt., 6,4 Pkt., 2,8 Pkt.) signifikant intensiver als beim Robusta (1,3 Pkt., $p=0,000$; 0,8 Pkt., $p=0,000$; 0,5 Pkt., $p=0,000$). Des weiteren wurden die Eigenschaften brew-like und röstig im Geruch und Flavor beim Arabica (6,5 Pkt., 6,1 Pkt., 6,2 Pkt., 6,0 Pkt.) ebenfalls höchst signifikant intensiver beurteilt als beim Robusta-Kaffee (2,8 Pkt., $p=0,000$; 3,3 Pkt., $p=0,000$; 2,9 Pkt., $p=0,000$; 2,9 Pkt., $p=0,000$).

Der bittere Geschmack und Nachgeschmack wurden auch nach 9 Monaten Lagerung von den PanelistInnen als signifikant intensiver bei Robusta (8,4 Pkt., 7,4 Pkt.) als bei Arabica (4,1 Pkt., $p=0,000$; 3,7 Pkt., $p=0,000$) eingestuft. Diese Attribute bedingten wiederum das signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägte adstringierende Mundgefühl von Robusta (6,2 Pkt.) im Vergleich zu Arabica (4,1 Pkt.).

Der allgemeine Kaffeegeruch und –flavor waren bei der Arabica-Sorte *Limu* (7,1 Pkt., 7,2 Pkt.) höher beurteilt als bei Robusta-Kaffee (6,2 Pkt., 5,8 Pkt.) aus Vietnam. Eine Signifikanz ($p=0,028$) konnte jedoch nur beim allgemeinen Kaffeeflavor gefunden werden.

Nach 9 Monaten Lagerung konnte eine starke Ausprägung der negativen Eigenschaften, wie abgestanden und ranzig im Geruch und Flavor, Fremdgeruch und –flavor, bei Robusta Kaffee beobachtet werden. Die Unterschiede zwischen Arabica und Robusta im Bezug auf die oben erwähnten Attribute waren höchst signifikant ($p=0,000$). Der Robusta-Kaffee (6,5 Pkt., 4,3 Pkt., 4,7 Pkt., 6,9 Pkt., 3,5 Pkt., 4,5 Pkt.) erzielte bei den negativen Attributen höhere Werte als der Arabica Kaffee (Geruch: abgestanden 1,8 Pkt., ranzig 1,0 Pkt., Fremdgeruch: 1,3 Pkt.,; Flavor: abgestanden 1,9 Pkt., ranzig 0,9 Pkt., Fremdflavor: 1,5 Pkt.).

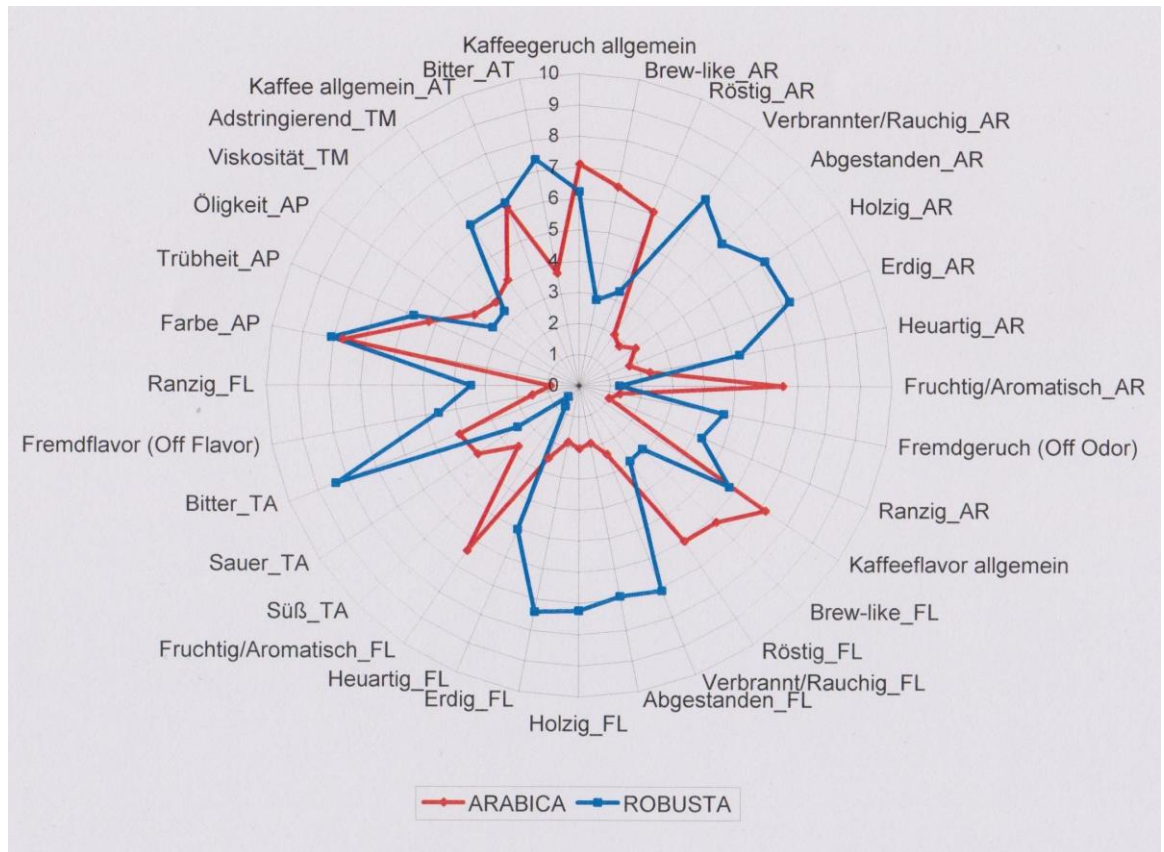


Abb. 24: Produktprofil: Arabica vs. Robusta – 9 Monate gelagert (Dezember 2009)

AR – Aroma (Geruch)

FL – Flavor

TA – Taste (Geschmack)

AP – Appearance (Optik / Aussehen)

TM – Texture and Mouthfeel (Textur und Mundgefühl)

AT – Aftertaste (Nachgeschmack)

4.4. Diskussion der laborchemischen Analyse

4.4.1. Coffein, Chlorogensäure und Theobromin (HPLC)

Die Ergebnisse der Laboranalyse High Performance Liquid Chromatography (HPLC), die im Rahmen der vorliegenden Arbeit jeden Monat von März bis Dezember 2009 durchgeführt wurde, sind vergleichbar mit denen der Studien von FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008), TRUGO und MACRAE (1984), CASAL et al. (2000) und HUCK et al. (2005), welche ebenfalls ausgewählte Inhaltsstoffe von Kaffee untersucht haben.

Da in der Literatur Daten zu den Inhaltsstoffen während der Lagerung nicht ausreichend vorhanden sind, wurden für die Inhaltsstoffe der beiden Filterkaffeesorten, die in der gegenwärtigen Diplomarbeit bestimmt wurden, die Mittelwerte (MW) berechnet und jeweils der Bereich zwischen der kleinsten gemessenen Konzentration und des ermittelten Maximalwertes angegeben. Die mittleren Konzentrationen bei Berücksichtigung der Lagerung, betrugen beim äthiopischen Arabica *Limu* 846,82 mg Coffein/L (Bereich: 640,59 - 941,29 mg Coffein/L; Abb. 15), 550,83 mg Chlorogensäure/L (Bereich: 366,15 – 641,13 mg CGA/L; Abb. 16) und 26,24 mg Theobromin/L (Bereich: 15,58 – 32,16 mg Theobromin/L; Abb. 17) und beim vietnamesischen Robusta 1.349 mg Coffein/L (Bereich: 957,59 – 1.682,11 mg Coffein/L; Abb. 15), 361,44 mg Chlorogensäure/L (Bereich: 155,76 – 464,70 mg CGA/L; Abb. 16) und 5,25 mg Theobromin/L (Bereich: 3,66 – 7,48 mg Theobromin/L; Abb. 17).

FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008) untersuchten in ihrer Studie 12 kommerziell aufgebraute Kaffeegetränke (7 koffeinierte und 5 entkoffeinierte Kaffees) mittels HPLC auf ihren Coffein- und Chlorogensäuregehalt. Aus der Studie ging nicht

explizit hervor, welche Kaffeesorten oder ob Mischungen in dieser verwendet wurden und wieviel Zeit zwischen der Röstung und den Laboranalysen lag. In den coffeinhaltigen Kaffeesorten betrug der Coffeingehalt zwischen $10,9 \pm 0,04$ und $16,5 \pm 0,24$ mg Coffein/g Kaffee. Diese Resultate sind vergleichbar mit den Laborergebnissen der vorliegenden Arbeit, in welcher beim Arabica ein mittlerer Coffeingehalt von 8,47 mg/g Kaffee (Bereich: 6,41 – 9,41 mg Coffein/g Kaffee) und beim Robusta ein Mittelwert von 13,49 mg Coffein/g Kaffee (Bereich: 9,58 – 16,82 mg Coffein/g Kaffee) ermittelt wurde. Aufgrund dessen kann man davon ausgehen, dass es sich bei den verwendeten Kaffees in der Studie von FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008) wahrscheinlich um Kaffee-Mischungen von Arabica und Robusta Kaffee handelte.

Die von FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008) in den coffeinhaltigen Kaffeegetränken (dunkle Röstung) bestimmten Chlorogensäuregehalte (CGA) betrugen zwischen $5,26 \pm 0,09$ und $17,1 \pm 0,34$ mg CGA/g Kaffee. Die Ergebnisse der gegenwärtigen Arbeit sowohl bei Arabica (MW: 5,51 mg Chlorogensäure/g Kaffee; Bereich: 3,66 – 6,41 mg CGA/g Kaffee) als auch Robusta (MW: 3,61 mg Chlorogensäure/g Kaffee; Bereich: 1,56 – 4,65 mg CGA/g Kaffee) mit mittlerer Röstung, lagen im unteren Konzentrationsbereich der oben erwähnten Untersuchung, waren aber vergleichbar mit den Chlorogensäurewerten die TRUGO und MACRAE (1984) für den Kaffee mit mittlerer und dunkler Röstung eruiert haben, obwohl auch hier im Studiendesign nicht ersichtlich war, welcher Kaffee untersucht und wann dieser geröstet wurde, was den Vergleich erheblich erschwert.

TRUGO und MACRAE (1984) fanden heraus, dass der gesamte Chlorogensäuregehalt von trockenen grünen Arabicabohnen bei 68,8 mg CGA/g Kaffee und bei grünen Robustabohnen bei 88,0 mg CGA/g Kaffee lag. Diese Werte reduzierten sich mit der Stärke des Röstgrades beim Arabica von 26,9 mg Chlorogensäure/g Kaffee bei der leichten Röstung, auf 22,2 mg CGA/g bei der mittleren Röstung, 7,71 mg CGA/g bei der dunklen Röstung und 2,42 mg CGA/g Kaffee bei der sehr dunklen (italienischen) Röstung. Beim

Robusta-Kaffee zeigte sich ein ähnliches Bild, hier wurden Konzentrationen um 35,4 mg Chlorogensäure/g Kaffee bei der hellen, 20,7 mg CGA/g bei der mittleren, 6,15 mg CGA/g bei der dunklen und 1,76 mg CGA/g Kaffee bei der sehr dunklen Röstung erzielt. Hierbei ist interessant, dass die grünen Robusta-Bohnen um 20 mg Chlorogensäure/g Kaffee mehr enthielten als die Arabica-Bohnen, ab der mittleren Röstung aber waren die CGA-Gehalte in beiden Sorten vergleichbar.

FARAH et al. (2005) analysierten mittels HPLC die Chlorogensäurekonzentrationen von einem Arabica aus Brasilien (Bourbon) respektive einem aus Äthiopien (Longberry) und einem Robusta aus Uganda, als grüne Bohnen bzw. in verschiedenen Röstgraden geröstet. Im Allgemeinen zeigte sich, dass der größte Gehalt an CGA bei der leichten und die geringsten Konzentrationen bei der dunklen und sehr dunklen (italienischen) Röstung erzielt wurden. Beim Vergleich der beiden Kaffeesorten konnte bei der erwähnten Untersuchung festgestellt werden, dass beide Arabica-Kaffees (0,94 – 6,23 mg CGA/g Kaffee), bei den Röstgraden von sehr leicht bis mittel, weniger CGA als der Robusta-Kaffee (1,34 – 8,00 mg CGA/g Kaffee) aufwiesen. Wobei es auch zwischen den beiden Arabicas, aus verschiedenen Anbaugebieten stammend, zu Unterschieden kam. In der vorliegenden Diplomarbeit konnten im Gegensatz dazu beim äthiopischen Arabica (MW: 5,51 mg CGA/g Kaffee; Bereich: 3,66 – 6,41 mg CGA/g Kaffee) signifikant höhere Chlorogensäurewerte als beim vietnamesischen Robusta (MW: 3,61 mg CGA/g Kaffee; Bereich: 1,56 – 4,65 mg CGA/g Kaffee), beide mittlere Röstung, ermittelt werden. Bei der dunklen bzw. sehr dunklen Röstung der oben erwähnten Studie kam es zu einer Annäherung der Werte, aber die Arabicas enthielten im Vergleich zum Robusta noch etwas weniger Chlorogensäure. In einer nachfolgenden Publikation von FARAH et al. (2006) zeigte sich, dass in den grünen Bohnen CGA-Konzentrationen zwischen $5,78 \pm 0,09$ und $7,02 \pm 0,17$ g CGA/ g Kaffee ermittelt wurden. Die Autoren berichten weiters, dass die CGA-Werte graduell während der Röstung abnahmen. Daraus kann man schließen,

dass der gewählte Röstgrad und das Anbaugebiet einen bedeutenden Einfluss auf den Chlorogensäuregehalt des gerösteten Kaffees ausüben.

Die Coffeinkonzentrationen sowohl im Arabica als auch im Robusta-Kaffee veränderten sich bei den verschiedenen Rösttemperaturen, unabhängig vom erwünschten Röstgrad, wie CASAL et al. (2000) berichten. In der grünen Bohne fanden CASAL et al. (2000) beim Arabica aus Brasilien 12,36 mg Coffein/g Kaffee und beim Robusta von der Elfenbeinküste 20,84 mg Coffein/g Kaffee, um fast 70 % mehr. Der geröstete Arabica hatte den höchsten Coffeingehalt mit 15,18 mg/g Kaffee bei einer Rösttemperatur von 160 °C und der Robusta mit 22,12 mg Coffein/g Kaffee bereits bei 140 °C. Die niedrigsten Coffeinwerte wurden bei einer Rösttemperatur von 240 °C beobachtet, beim Arabica reduzierte sich der Gehalt auf 10,96 mg Coffein/g Kaffee und beim Robusta auf 19,25 mg Coffein/g Kaffee. In der vorliegenden Arbeit herrschte während der Röstung eine Höchsttemperatur von ca. 165 °C und es wurde beim äthiopischen Arabica *Limu* mittlere Coffeinkonzentrationen von 8,47 mg/g Kaffee (Bereich: 6,41 – 9,41 mg Coffein/g Kaffee) und beim vietnamesischen Robusta von 13,49 mg Coffein/g Kaffee (Bereich: 9,58 – 16,82 mg Coffein/g Kaffee) ermittelt. Die Werte waren somit niedriger als in der Studie von CASAL et al. (2000), die bei 160 °C Rösttemperatur 15,18 mg Coffein/g Kaffee beim brasilianischen Arabica und 21,71 mg Coffein/g Kaffee beim Robusta von der Elfenbeinküste eruierten. Da die von CASAL et al. (2000) untersuchten Kaffeesorten aus anderen Anbaugebieten stammten, sind die Unterschiede in den Resultaten plausibel.

HUCK et al. (2005) analysierten in ihrer Untersuchung den Gehalt an Coffein, Theobromin und Theopyllin, mittels High Performance Liquid Chromatography (HPLC) und Near Infrared Spectroscopy (NIRS), in 83 Kaffeeproben aus verschiedenen geographischen Regionen der Welt. Wobei in dieser Publikation keine genaueren Angaben zu den Herkunftsländern und den verwendeten Kaffeesorten gemacht wurden, nur dass die Kaffees vom Praxmarer-

Kaffeevertrieb aus Österreich zur Verfügung gestellt wurden. Es wurde herausgefunden, dass die Coffeinwerte sich im Bereich von 0,95 – 4,13 g/100 g Kaffee und die Theobrominwerte sich zwischen 0,07 – 0,10 g/100 g Kaffee bewegten. In der gegenwärtigen Arbeit wurden Coffeinkonzentrationen, die im unteren Bereich der von HUCK et al. (2005) angegebenen Werte lagen, beobachtet (Arabica: 0,64 – 0,94 g Coffein/100 g und Robusta: 0,96 – 1,68 g Coffein/100 g Kaffee), waren aber mit den Ergebnissen von FARAH et al. (2006) ($0,96 \pm 0,01$ bis $1,23 \pm 0,06$ mg Coffein/100 g Kaffee) vergleichbar. Die ermittelten Theobrominkonzentrationen (Arabica: 0,02 – 0,03 g Theobromin/100 g Kaffee und Robusta: 0,004 – 0,008 g Theobromin/100 g Kaffee) befanden sich jedoch deutlich unter den Gehalten, der Untersuchung von HUCK et al. (2005). Da aber in der Literatur allgemein beschrieben wird, dass Theobromin, das Hauptalkaloid in Kakao, nur in sehr geringen Mengen in Kaffee vorhanden ist, scheinen die Ergebnisse der Arbeit evident zu sein [EBERMANN und ELMADFA, 2008; BALTES, 2007].

4.4.2. Totale Antioxidative Kapazität (TAC)

Die Resultate der Bestimmung der Totalen Antioxidativen Kapazität im Rahmen der vorliegenden Lagerstudie von Kaffee lassen Vergleiche mit den Studien von PARRAS et al. (2007), SÁNCHEZ-GONZÁLES et al. (2005) und PELLEGRINI et al. (2003) zu, welche ebenso die antioxidative Wirkung von Kaffee, zubereitet als Filterkaffee, untersuchten. PARRAS et al. (2007) verwendeten ausschließlich die ABTS-Methode, bei den beiden anderen Studien wurden die ABTS- und die FRAP-Methode zur Bestimmung der TAC angewandt. Weitere Gegenüberstellungen der Totalen Antioxidativen Kapazität, wurden mit den Studien von CÄMMERER und KROH (2006) und RICHELLE et al. (2001) gemacht, die den Einfluss des Röstgrades auf das antioxidative Potential untersuchten.

Da auch hier in der Literatur nur wenige Studien die Lagerung von Kaffee betreffend vorlagen, wurden für die Totale Antioxidative Kapazität der beiden untersuchten Kaffeesorten die Mittelwerte (MW) gebildet und jeweils der Bereich zwischen der geringsten gemessenen Konzentration und des Maximalwertes angegeben. Das mittlere antioxidative Potential von Filterkaffee, bei Berücksichtigung der 9-monatigen Lagerdauer, das im Rahmen der gegenwärtigen Diplomarbeit evaluiert wurde, betrug beim Arabica 26,66 mmol Trolox-Äquivalente/L (Bereich: 17,38 – 31,42 mmol Trolox-Äquivalente/L; Abb. 18) und beim Robusta 22,27 mmol Trolox-Äquivalente (Bereich: 12,39 – 29,83 mmol Trolox-Äquivalente/L; Abb. 19).

PARRAS et al. (2007) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass der Espresso ein signifikant ($p < 0,05$) niedrigeres antioxidatives Potential als die Filterkaffeezubereitung hatte. Es wurden elf Arabica- und drei Robusta-Sorten aus 12 verschiedenen Ländern, mittels OH^\cdot Radikal-Methode (Hydroxyl Radical Scavenging Method) auf ihre antioxidative Kapazität analysiert, darunter ein Arabica aus Äthiopien, jedoch dem Anbaugebiet *Sidamo* und ein Robusta aus Vietnam. Sie konnten in ihrer Studie keine signifikanten Differenzen zwischen der mittleren antioxidativen Aktivität beider Kaffeesorten beobachten, da der Robusta aus Vietnam und der Arabica aus Äthiopien ein ähnliches (\geq) antioxidatives Potential aufwiesen. Wobei dieses von vielen Faktoren abhängt: dem Grad der Röstung, der Zubereitungsart, der Sorte, dem Anbaugebiet und dem Erntejahr. Die Werte des untersuchten vietnamesischen Robustas lagen im Mittel bei 0,483 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver und die des äthiopischen Arabicas aus dem Anbaugebiet *Sidamo* etwas höher bei 0,541 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver. In der vorliegenden Arbeit wies der Robusta aus Vietnam durchschnittlich 0,223 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver auf (Bereich: 0,124 – 0,298 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver) und der Arabica *Limu* aus Äthiopien 0,267 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver (Bereich: 0,174 – 0,314 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver), wobei der Unterschied zwischen den Mittelwerten auch nicht signifikant ($p=0,113$) war. Die Abweichungen zwischen den Sorten waren aber in jedem

Monat der 9-monatigen Lagerung höchst signifikant ($p=0,000$), sogar schon nach einem Monat Lagerung, mit Ausnahme des 6ten Monats ($p=0,004$). PARRAS et al. (2007) konnten jedoch während einer Lagerung von 28 Tagen, entspricht etwa einem Monat, keine signifikanten Unterschiede bei dem antioxidativen Potential (als autooxidation von Linolsäure) der getesteten Kaffees aus 12 verschiedenen Herkunftsländern feststellen.

SÁNCHEZ-GONZÁLES et al. (2005) verglichen in ihrer Studie ebenso den Einfluss der Zubereitungsart auf die antioxidative Kapazität. Die TAC-Werte bei der Filterkaffeezubereitung waren, wie bei PARRAS et al. (2007), im Mittel ($104 \mu\text{mol Trolox-Äquivalente/g Trockenmasse}$) höher als bei der Espressozubereitung ($76 \mu\text{mol Trolox-Äquivalente/g Trockenmasse}$). Dies bekräftigt die Aussage und lässt darauf schließen, dass die Zubereitungsmethode einen Einfluss auf die antioxidative Wirkung von Kaffee hat.

In einer weiteren Untersuchung der Totalen Antioxidativen Kapazität von Kaffee von PELLEGRINI et al. (2003), unter der Anwendung der ABTS- und der TRAP (Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter)- Methode, konnte mittels ABTS ein antioxidatives Potential von $30,29 \text{ mmol Trolox-Äquivalente/L}$ im untersuchten Kaffee eruiert werden. Die in der vorliegenden Diplomarbeit ermittelten Werte (Arabica: $26,66 \text{ mmol Trolox-Äquivalente/L}$; Bereich: $17,38 - 31,42 \text{ mmol Trolox-Äquivalente/L}$ und Robusta: $22,27 \text{ mmol Trolox-Äquivalente/L}$; Bereich: $12,39 - 29,83 \text{ mmol Trolox-Äquivalente/L}$) lagen im Mittel deutlich darunter, nur die Maximalwerte waren ähnlich der Konzentrationen von PELLEGRINI et al. (2003). Wobei auch aus dieser Studie nicht hervorgeht, welcher Kaffee verwendet und ob dieser frisch geröstet wurde.

CÄMMERER und KROH (2006) analysierten ebenso die antioxidative Wirkung von Filterkaffee mittels ABTS-Methode. Es wurden grüne Bohnen (Mischung

80 % Arabica- und 20 % Robusta-Kaffee) sowie diese Mischung in verschiedenen Röstgraden (RD = roast degree 110: hell, RD 85: mittel und RD 60: dunkel) geröstet untersucht. In dieser Studie konnte herausgefunden werden, dass es zu unterschiedlichen TAC-Werten bei den Proben mit verschiedenen Röstgraden kam. Das höchste Potential wurde bei der hellen Röstung (RD 110) mit 0,419 mmol Trolox/g Kaffee-Pulver erzielt, bei der mittleren Röstung (RD 85) betrug dieses 0,360 mmol Trolox/g Kaffee-Pulver und die niedrigsten Resultate konnten bei der dunklen Röstung (RD 60) mit 0,260 mmol Trolox/g Kaffee-Pulver beobachtet werden. In der gegenwärtigen Arbeit lagen die TAC-Konzentrationen beim Arabica im Mittel bei 0,267 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver (Bereich: 0,174 – 0,314 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver) und beim Robusta bei 0,223 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver (Bereich: 0,124 – 0,298 mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver), das bedeutet, sie entsprachen somit eher den Werten der dunklen Röstung, von CÄMMERER und KROH (2006). Welche weiters festgestellt haben, dass während des Röstprozesses große Mengen an Polyphenolen aufgrund der Hitzeeinwirkung einer Polymerisation und autooxidativen Reaktionen ausgesetzt sind, was zu einer Senkung der phenolischen Verbindungen von etwa 12 % bei der hellen auf etwa 2 % bei der dunklen Röstung führte.

Im Allgemeinen hat Robusta-Kaffee höhere Chlorogensäure-Gehalte und somit auch ein höheres antioxidatives Potential, was auch in zahlreichen Studien bewiesen werden konnte. In der vorliegenden Diplomarbeit zeigte sich jedoch, dass beim Arabica die antioxidative Kapazität und auch die Chlorogensäurewerte, signifikant höher waren, als beim Robusta-Kaffee. Zu einer Annäherung der mmol Trolox-Äquivalent-Konzentrationen in den beiden Kaffeesorten kam es im 6ten Monat der Lagerung, was durch die Steigerung der Chlorogensäure erklärt werden könnte. In der Studie von RICHELLE et al. (2001) konnte beobachtet werden, dass grüne Robusta-Kaffeebohnen ($0,643 \pm 0,074$ mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver) eine doppelt so hohe signifikante antioxidative Wirkung im Vergleich zu grünen Arabica-Bohnen

($0,366 \pm 0,068$ mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver) aufwiesen. Im gerösteten Zustand zeigten aber beide Kaffeesorten vergleichbare Werte und die Unterschiede waren nicht länger signifikant. Wobei bei der mittleren Röstung, welche auch in der gegenwärtigen Arbeit verwendet wurde, die Ergebnisse beim Arabica ($0,206 \pm 0,030$ mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver) etwas höher waren als beim Robusta ($0,190 \pm 0,039$ mmol Trolox-Äquivalente/g Kaffee-Pulver).

4.4.3. Quantitative Deskriptive Analyse (QDA)

Zum Einfluss der Lagerung auf die sensorischen Eigenschaften von Kaffee konnten, wie bei den Untersuchungen der Inhaltsstoffe und des antioxidativen Potentials von Kaffee, in der Literatur nur wenige Studien gefunden werden.

NEBESNY & BUDRYN (2006) beschrieben in ihrer Publikation den verbrannten/rauchigen Geruch und Flavor von Kaffee als typische Merkmale für Robusta-Kaffee. Dies konnte durch die sensorischen Analysen (QDA), die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurden, bestätigt werden. Bei den Verkostungen im März und Dezember 2009 konnte beobachtet werden, dass der verbrannte/rauchige Geruch und Flavor bei der Robusta-Probe aus Vietnam sowohl im frisch gerösteten (Geruch: 5,6 Pkt.; Flavor: 6,3 Pkt.) als auch im 9 Monate gelagerten Kaffee (Geruch: 7,2 Pkt.; Flavor: 7,1 Pkt.) sehr stark ausgeprägt waren, während diese in der frischen Arabica-Probe (Geruch: 1,5 Pkt.; Flavor: 1,4 Pkt.) und nach 9-monatiger Lagerung (Geruch: 2,0 Pkt.; Flavor: 2,4 Pkt.) kaum wahrgenommen wurden.

BICCHI et al. (1997) und ESTEBAN-DÍEZ et al. (2004) konnten wiederum einen stärker ausgeprägten bitteren Geschmack und ein intensiveres adstringierendes Mundgefühl von Robusta aufzeigen, während dem Arabica-

Kaffee ein stärker ausgebildetes Gesamtkaffee Aroma zugeschrieben wurde. Die Evaluierung der Kaffee-Attribute anhand der Quantitativen Deskriptiven Analyse (QDA) der vorliegenden Untersuchung bestätigte diese Erkenntnisse. Der frisch geröstete vietnamesische Robusta wies ebenso wie der gelagerte Robusta beim bitteren Geschmack und bei der Adstringenz (frisch geröstet: 7,4 Pkt.; 5,8 Pkt.; 9 Monate gelagert: 8,4 Pkt.; 6,2 Pkt.) höhere Intensitäten als der frisch geröstete (3,6 Pkt.; 3,4 Pkt.) und der gelagerte (4,1 Pkt.; 4,1 Pkt.) Arabica auf.

In einer weiteren Studie von KY et al. (2001) wurde herausgefunden, dass Arabica aufgrund seines ausgeglichenen Flavors und einer geringeren Bitterkeit bei den Konsumenten beliebter ist, als der billigere Robusta-Kaffee. Die Bitterkeit von Kaffee wird maßgeblich durch den Gehalt an Coffein und Chlorogensäure beeinflusst. Sie kamen aufgrund ihrer Laborergebnisse zu dem Schluss, dass *Coffea arabica* mehr Trigonellin und Saccharose als *Coffea canephora* enthielt, welcher wiederum mehr Coffein und Chlorogensäure aufwies. In der gegenwärtigen Diplomarbeit konnte aufgezeigt werden, dass zwar Robusta-Kaffee deutlich mehr Coffein enthielt und auch signifikant bitterer war als der Arabica-Kaffee, letzterer aber etwas mehr Chlorogensäure beinhaltete. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Coffein- bzw. Chlorogensäure-Konzentrationen nicht nur von der Sorte, sondern auch vom Anbaugebiet und dem Röstgrad abhängig sind und beide die Bitterkeit beeinflussen können.

VARIYAR et al. (2003) untersuchten in ihrer Studie den Charakter der nichtflüchtigen Flavorbestandteile, der flüchtigen Aromastoffe und der glycosidisch gebundenen Aromakomponenten von „*monsooned coffee*“, ebenso wie den Einfluss der radioaktiven Bestrahlung auf ebendiese. „*Monsooned coffee*“ ist ein spezieller Kaffee aus Indien, welcher bekannt ist für sein charakteristisches weiches, säurearmes und vollmundiges Flavor, sein würziges leicht schokoladiges Aroma und seinen kraftvollen Körper.

„*Monsooning*“ ist ein natürlicher Prozess der Nachbehandlung von trocken aufbereiteten Kaffeebohnen, während des Monsuns zwischen Juli und September. Bei diesem besonderen Verfahren werden die grünen Kaffeebohnen den feucht heißen Monsunwinden ausgesetzt, dadurch kommt es zu einem Anstieg des Wassergehaltes von 10 – 12 % auf etwa 18 – 22 %. Das Volumen der Bohnen verdoppelt sich und eine Farbänderung von grün auf ein blasses gelbliches Äußeres tritt ein. Aufgrund des höheren Feuchtigkeitsgehalts sind „*monsooned*“ Kaffeebohnen anfälliger für mikrobielle Kontamination und Insektenbefall, welche die Haltbarkeit dieser erheblich reduzieren. Als Gegenmaßnahme wird „*monsooned coffee*“ in vielen Fällen mit γ -Strahlung bestrahlt. VARIYAR et al. (2003) verwendeten in ihrer Studie frisch enthüllte kommerzielle grüne Arabicabohnen unterschiedlich nachbehandelt. Die Proben wurden eingeteilt in Arabica nonmonsooned (ANM), Arabica monsooned (AM) und bestrahlter Arabica monsooned (AIM). Die verschiedenen Kaffeearten wurden mittels HPLC auf ihre nichtflüchtigen Bestandteile Coffein, Chlorogensäure und Kaffeesäure untersucht. Der ANM enthielt $1,21 \pm 0,05$ g Coffein, $0,28 \pm 0,02$ g CGA und $0,0$ g Kaffeesäure pro 100 g Kaffee, beim AM wurden Konzentrationen von $1,85 \pm 0,06$ g Coffein, $0,027 \pm 0,002$ g CGA und $0,014 \pm 0,004$ g Kaffeesäure pro 100 g Kaffee gemessen und der bestrahlte „*monsooned*“ Arabica (AIM) wies Gehalte von $1,93 \pm 0,07$ g Coffein, $0,019 \pm 0,003$ g CGA und $0,027 \pm 0,005$ g Kaffeesäure auf. Im Allgemeinen hat Coffein einen sehr ausgeprägten bitteren Geschmack, trägt aber nur zu etwa 10 % zu der empfundenen Bitterkeit von Kaffee bei. Die Chlorogensäure, die Hauptphenolverbindung in Kaffee, ist ein Ester der Kaffeesäure und der Chinasäure. Die Kaffeesäure selbst ist ebenfalls eine bitter schmeckende Substanz, die normalerweise nur in Spuren in Arabica-Kaffee (nasse Aufbereitung) vorhanden ist. In der Untersuchung von VARIYAR et al. (2003) zeigte sich eine erhebliche Abnahme der Chlorogensäure mit einer einhergehenden Steigerung des Kaffeesäuregehaltes bei den Kaffeebohnen AM und AIM. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Hydrolyse der Chlorogensäure zu Kaffeesäure durch das „*Monsooning*“ wahrscheinlich aber auch durch die nasse Aufbereitung initiiert wird, wobei die Senkung der CGA-

Gehalte auf die erhöhte Wasseraufnahme zurückzuführen ist. Bei „*monsooned coffee*“ ist die intensivere Bitterkeit mit der CGA-Hydrolyse assoziiert, wobei hier das charakteristische würzige Aroma gebildet wird. Aus früheren Studien war bereits bekannt, dass die Hydrolyse ebenso durch das Warmhalten von Kaffee auf einer heißen Platte ausgelöst wird und es in Folge dessen zu einem Anstieg der Bitterkeit kommt. Ob es durch die Lagerung von Kaffee ebenfalls zu dieser Umwandlung von Chlorogensäure zu Kaffeesäure kommt wurde bis jetzt noch nicht untersucht. Die Hydrolyse von Chlorogensäure könnte jedoch die Senkung der CGA-Konzentrationen und die leichte Steigerung in der Bitterkeit der Kaffees in den letzten Monaten des Lagerversuchs, welcher im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurde, erklären und ebenfalls die Tatsache, dass der nass aufbereitete äthiopische Arabica *Limu* mehr CGA als der trocken aufbereitete vietnamesische Robusta enthielt.

VARIYAR et al. (2003) beschrieben in ihrer Publikation weiters, dass das 2-Methylisoborneol, ein Aromaglykosid des Kaffees, welches für die erdige Note von Robusta-Kaffee verantwortlich ist, einen Marker für die Unterscheidung zwischen Arabica- und Robusta-Kaffee darstellt. In der vorliegenden Arbeit konnte festgestellt werden, dass Robusta-Kaffee sowohl frisch geröstet (Geruch: 5,13 Pkt.; Flavor: 5,18 Pkt.) als auch nach 9-monatiger Lagerung (Geruch: 7,24 Pkt.; Flavor: 7,40 Pkt.) eine signifikant höhere Intensität des erdigen Geruchs und Flavors als der Arabica-Kaffee aufwies, bei dem diese Attribute beim frisch gerösteten Kaffee (Geruch: 0,54 Pkt.; Flavor: 0,71 Pkt.) nicht ausgeprägt waren und nach der Lagerung nur sehr geringe Intensitäten (Geruch: 1,73 Pkt.; Flavor: 1,84 Pkt.) aufzeigten.

WODA (2009) untersuchte in ihrer Diplomarbeit, zwei Kaffeesorten, einen Arabica aus Brasilien (*Santos*) und einen Robusta aus Uganda auf ihre sensorischen Eigenschaften. Die Produktprofile, welche mittels der Quantitativen Deskriptiven Analyse (QDA) erstellt wurden, wiesen deutliche Unterschiede auf. Diese Abweichungen bestanden vor allem im Geruch sowie im Flavor und der Adstringenz. Auch in dieser Untersuchung konnte beim

Arabica ein signifikant höherer fruchtiger Geruch sowie Flavor und ein signifikant süßerer Geschmack als beim Robusta aufgezeigt werden. Hingegen wurden beim Robusta aus Uganda die Attribute, welche typisch für Robusta-Kaffee sind, wie verbrannt, holzig und erdig sowohl im Geruch als auch im Flavor signifikant intensiver beurteilt als beim Arabica aus Brasilien. Auch der bittere Geschmack und Nachgeschmack sowie das adstringierende Mundgefühl waren beim Robusta stärker ausgeprägt. Dies konnte auch bei den Produktprofilen, welche in der vorliegenden Untersuchung mittels QDA eruiert wurden, beobachtet werden. Ein ähnliches Bild zeigte sich sowohl beim frisch gerösteten als auch beim 9 Monate gelagerten Kaffee, obwohl beide aus anderen Ländern und Anbaugebieten stammten.

5. Schlussbetrachtung

Kaffee ist nach Erdöl das zweitwichtigste Rohmaterial im internationalen Handel und eines der populärsten Getränke unserer Zeit, welches maßgeblich zur Aufnahme von Antioxidantien beiträgt. Antioxidantien haben die Fähigkeit freie Radikale zu fangen und wirken somit antikanzerogen und antiinflammatorisch [REIS et al., 2007]. Durch seine gesundheitsfördernde Wirkung war Kaffee Subjekt vieler vergangener und aktueller Studien. Sie lieferten jedoch aufgrund der Verwendung verschiedener Kaffeesorten, Aufbrühungsarten und Röstgraden unterschiedliche Ergebnisse. Zur Lagerung von Kaffee gibt es keine aktuellen Daten, daher ist es interessant, im Rahmen der vorliegenden Arbeit, die Veränderungen von diesem Getränk während einer Lagerdauer von 9 Monaten aufzuzeigen.

Es wurde der Einfluss der 9-monatigen Lagerung, auf die Inhaltsstoffe (Coffein, Chlorogensäure und Theobromin), die Totale Antioxidative Kapazität (TAC) und die sensorischen Eigenschaften von Kaffee, untersucht. Jeden Monat von März bis Dezember 2009 wurden je eine Arabica-Sorte (*Limu* aus Äthiopien) und eine Robusta-Sorte (aus Vietnam) mittels Filterzubereitung aufgebrüht und im Labor auf ihre Inhaltsstoffe Coffein, Chlorogensäure und Theobromin mittels HPLC und auf ihr totales antioxidatives Potential, photometrisch mittels ABTS-Methode, untersucht. Des Weiteren wurde mit dem frisch geröstete Kaffee im März 2009 und dem 9 Monate gelagerte Kaffee im Dezember 2009 eine Quantitative Deskriptive Analyse (QDA) durchgeführt, um die Veränderungen der sensorischen Eigenschaften zu aufzuzeigen.

Bei den laborchemischen Analysen, die im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit durchgeführt wurden, konnte eine signifikante Veränderung der Inhaltsstoffe über einen Zeitraum von neun Monaten (= Dauer der Lagerung) festgestellt werden. Betrachtet man den Verlauf der Lagerung während der 9-monatigen

Lagerdauer sieht man, dass bei jedem einzelnen untersuchten Inhaltsstoff und dem antioxidativen Potential zuerst eine kontinuierliche Zunahme der Konzentrationen, bis zum Erreichen des Maximums, welches abhängig vom Inhaltsstoff zwischen dem 6ten und 8ten Monat der Lagerung variierte, erfolgte. Danach konnte, bis zum Ende der Lagerstudie, wieder eine leichte Abnahme der Werte beobachtet werden.

Bei der Gegenüberstellung der beiden untersuchten Kaffeearten wurden beim vietnamesischen Robusta während der Untersuchungsperiode mit 957,59 – 1.682,11 mg Coffein/L deutlich höhere Coffeinkonzentrationen als beim äthiopischen Arabica festgestellt, der mit 640,58 – 941,29 mg Coffein/L um ungefähr 50 % weniger Coffein enthielt. Dies konnte auch in den Studien von CASAL et al. (2000), KY et al. (2001) und HUCK et al. (2005) beobachtet werden, in denen Robusta-Kaffee ebenfalls deutlich mehr Coffein aufwies als Arabica-Kaffee.

Vergleicht man jedoch die Ergebnisse der Chlorogensäure, zeigte sich, dass der Arabica-Kaffee mit 366,15 – 641,13 mg CGA/L mehr Chlorogensäure als der Robusta mit 155,76 – 464,70 mg CGA/L beinhaltete. Es gab einen perfekten Zusammenhang im Verlauf zwischen den Chlorogensäurekonzentrationen („ r “ = 1; $p < 0,001$) und den Werten der Totalen Antioxidativen Kapazität (Arabica: 17,38 - 31,42 mmol Trolox-Äquivalente/L und Robusta: 12,39 – 29,83 mmol Trolox-Äquivalente/L), wo ebenfalls festgestellt werden konnte, dass das antioxidative Potential von Arabica höher als jenes von Robusta war. Die antioxidative Kapazität wird generell durch die Polyphenole und ihren Hauptvertreter die Chlorogensäure beeinflusst. FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008) beschreiben den Einfluss des Röstgrades auf die Chlorogensäure-Konzentration im Kaffee. Sie fanden heraus, dass die grünen Bohnen des Robusta-Kaffees um 30 % mehr Chlorogensäure als grüne Arabica-Bohnen enthalten. Dieser Gehalt nimmt jedoch mit dem Grad der Röstung ab. Je heller der Röstgrad, desto mehr Chlorogensäure enthält der Kaffee, wobei ab der mittleren Röstung der Arabica-Kaffee etwas mehr CGA enthält als der Robusta. Diesen Einfluss des Röstgrades beschrieben auch CÄMMERER und KROH (2006) und RICHELLE et al. (2001), sie beobachteten,

dass das antioxidative Potential von Kaffee ebenso mit der Stärke des Röstgrades, von etwa 12 % bei der hellen Röstung auf etwa 2 % bei der dunklen Röstung, sinkt. Aufgrund der Hitzeeinwirkung auf die Bohne während des Röstprozesses, wird der Gehalt an phenolischen Verbindungen (Chlorogensäuren), durch Polymerisationen und autooxidativen Reaktionen, reduziert und somit wird auch das antioxidative Potential verringert. In der Untersuchung von PARRAS et al. (2007), unter der Anwendung der ABTS-Methode, zeigte sich, dass der Arabica *Sidamo* aus Äthiopien ein etwas höheres antioxidatives Potential als der Robusta aus Vietnam hatte, der Unterschied war jedoch nicht signifikant. Dies lässt darauf schließen, dass die Kaffeesorte und das Anbaugebiet ebenfalls einen Einfluss auf die Inhaltsstoffe haben.

Beim Vergleich der Theobromin-Konzentrationen wurde in der vorliegenden Arbeit festgestellt, dass Theobromin in beiden Kaffee-Sorten nur in sehr geringen Mengen vorhanden war, beim Arabica zwischen 15,58 und 32,16 mg Theobromin/L und beim Robusta zwischen 3,66 und 7,48 mg Theobromin/L.

Vergleicht man die Produktprofile der sensorischen Evaluierung der einzelnen Kaffeesorten, wie sie sich in den 9 Monaten Lagerung verändern, kommt man zu folgenden Schlüssen. Beim Arabica-Kaffee aus Äthiopien verringern sich die positiven Eigenschaften der allgemeine Kaffeegeruch und -flavor, brew-like, röstig und fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavor, ebenso wie der süße Geschmack. Die normalerweise für Robusta-Kaffee typischen Attribute, wie verbrannt/rauchig, holzig, erdig und heuartig, die beim frisch gerösteten Arabica nicht vorhanden waren, stiegen in ihrer Intensität nach 9 monatiger Lagerung leicht an.

Ein ähnlicher Trend zeigte sich auch beim Robusta aus Vietnam. Der allgemeine Kaffeegeruch und -flavor, brew-like, röstig und fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavor waren beim frisch gerösteten Kaffee mehr ausgeprägt als nach der 9-monatigen Lagerung. Die Intensität der typischen Robusta-Eigenschaften verbrannt/rauchig, holzig, erdig und heuartig stieg beim

gelagerten Kaffee auch deutlich an, ebenso der bittere Geschmack, Nachgeschmack und die Adstringenz.

Die negativen Attribute abgestanden, ranzig, Fremdgeruch und –flavor waren bei beiden frischen Kaffees nicht vorhanden und nahmen in ihrer Intensität nach 9 Monaten Lagerung beim gelagerten Arabica leicht zu und waren beim gelagerten Robusta deutlich erkennbar.

Die Produktprofile, welche im Rahmen der vorliegenden Arbeit mittels Quantitativer Deskriptiver Analyse (QDA) erstellt wurden, zeigten dass die untersuchte Arabica-Sorte *Limu* aus Äthiopien, bei der Verkostung des frisch gerösteten Kaffees im März 2009, vor allem eine signifikant höhere fruchtig/aromatische Note sowohl im Geruch (7,3 Pkt., $p=0,000$) als auch im Flavor (6,9 Pkt., $p=0,000$) und einen signifikant süßeren Geschmack (3,0 Pkt., $p=0,000$) als der Robusta (1,7 Pkt., 0,9 Pkt., 0,5 Pkt.) aus Vietnam aufwies. Auch bei den Attributen brew-like und röstig im Geruch und Flavor waren die Werte des Arabicas (7,8 Pkt., $p=0,000$; 7,0 Pkt., $p=0,001$; 7,3 Pkt., $p=0,000$; 7,1 Pkt., $p=0,000$) signifikant höher als beim Robusta (5,2 Pkt., 5,3 Pkt., 4,2 Pkt., 4,5 Pkt.).

Vietnam, die verkostete Robusta-Sorte, war bei den typischen Robusta-Eigenschaften verbrannt/rauchig, holzig, erdig und heuartig sowohl im Geruch (6,5 Pkt., 5,4 Pkt., 5,1 Pkt., 5,0 Pkt.) als auch im Flavor (6,3 Pkt., 5,8 Pkt., 5,2 Pkt., 4,7 Pkt.) signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägt als der äthiopische Arabica-Kaffee (Geruch: 1,5 Pkt., 0,8 Pkt., 0,5 Pkt., 1,2 Pkt.; Flavor: 1,4 Pkt., 1,1 Pkt., 0,7 Pkt., 1,1 Pkt.). Der bittere Geschmack und Nachgeschmack wurde beim Robusta (7,4 Pkt., 6,2 Pkt.) höchst signifikant intensiver beurteilt als beim Arabica (3,6 Pkt., 3,2 Pkt.).

Beim frischgerösteten Kaffee, sowohl Arabica als auch Robusta konnten noch keine negativen Attribute (abgestanden und ranzig, Fremdgeruch- und flavor), die mit der langen Lagerdauer oder mit Verderb zusammenhängen, festgestellt werden.

Die Verkostung der 9 Monate lang gelagerten Kaffeesorten im Dezember 2009 zeigte, dass beim äthiopischen Arabica-Kaffee die positiven Eigenschaften allgemeiner Kaffeegeruch und –flavor, brew-like, röstig, fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavor und der süße Geschmack weniger ausgeprägt waren als beim frisch gerösteten Arabica. Die für Robusta-Kaffee typischen Attribute waren nach der Lagerung beim Vietnam-Kaffee (Robusta) deutlich höher bewertet als beim frisch gerösteten Kaffee. Bei den negativen Attributen abgestanden und ranzig im Geruch und Flavor sowie Fremdgeruch und –flavor konnte ein signifikanter Unterschied ($p=0,000$) zwischen der Robustasorte (6,5 Pkt., 4,3 Pkt., 6,9 Pkt., 3,5 Pkt., 4,7 Pkt., 4,5 Pkt.) mit einer stärkeren Intensität und der Arabicasorte (1,8 Pkt., 1,0 Pkt., 1,9 Pkt., 0,9 Pkt., 1,3 Pkt., 1,5 Pkt.) festgestellt werden.

Die QDA zeigte deutliche Unterschiede in den Eigenschaften zwischen Arabica- und Robusta-Kaffee, sowohl im frisch gerösteten Kaffee als auch nach 9-monatiger Lagerung. Diese Abweichungen bestanden vor allem im Geruch und Flavor, dem süßen Geschmack, der Bitterkeit und dem adstringierenden Mundgefühl.

Somit konnte aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Diplomarbeit beobachtet werden, dass eine Lagerung von 9 Monaten sowohl einen gravierenden Einfluss auf die Inhaltsstoffe von Kaffee Coffein, Chlorogensäure und Theobromin, die Totale Antioxidative Kapazität als auch auf die sensorischen Eigenschaften ausüben kann.

6. Zusammenfassung

Kaffee ist ein sehr populäres und geschätztes Genussmittel, das einen großen Anteil an der Aufnahme von Antioxidantien, welche Schutz vor ernährungsassoziierten Krankheiten bieten können, in der Bevölkerung stellt. Da zahlreiche Studien, die den Einfluss der Lagerung auf ausgewählte Inhaltsstoffe, das antioxidative Potential und die sensorischen Eigenschaften von Kaffee untersuchen, in diesem Umfang nicht vorhanden sind, war es interessant im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit herauszufinden, ob es während der Lagerung zu Veränderungen ausgewählter Parameter im Kaffee kommt. Es wurden Coffein, Chlorogensäure und Theobromin mittels High Performance Liquid Chromatography (HPLC) und die Totale Antioxidative Kapazität (TAC) photometrisch mit der ABTS-Methode, von je einer Arabica-Sorte (Äthiopien *Limu*) und einer Robusta-Sorte (Vietnam), zubereitet als Filterkaffee, jeden Monat während der 9-monatigen Lagerung untersucht. Des Weiteren wurden mittels Quantitativer Deskriptiver Analyse (QDA) die sensorischen Eigenschaften von Arabica- und Robusta-Kaffee gleich nach der Röstung und am Ende der 9 Monate dauernden Lagerung verfolgt.

Im Verlauf der Lagerdauer zeigte sich bei jedem einzelnen untersuchten Inhaltsstoff zuerst eine kontinuierliche Konzentrationszunahme bis zum Erreichen des Maximums, welches abhängig vom Inhaltsstoff zwischen dem 6ten und 8ten Monat der Lagerung beobachtet wurde, dann nahmen die Gehalte wieder etwas ab. In der Gegenüberstellung der Coffeinwerte von Arabica- und Robusta-Kaffee erzielte der vietnamesische Robusta mit 957,59 – 1.682,11 mg Coffein/L signifikant höhere ($p=0,000$) Werte als der äthiopische Arabica, der mit 640,58 – 941,29 mg Coffein/L, um ungefähr 50 % weniger Coffein enthielt. Vergleicht man die Ergebnisse der Chlorogensäure, zeigte sich ein anderes Bild. Der Arabica enthielt mit 366,15 – 641,13 mg CGA/L signifikant ($p=0,000$) mehr Chlorogensäure als der Robusta mit 155,76 – 464,70 mg CGA/L. Die Chlorogensäurekonzentrationen korrelierten im Verlauf der

Lagerdauer positiv („ r^2 “ = 1; $p < 0,001$) mit den Werten der Totalen Antioxidativen Kapazität. Der im Hochland von Äthiopien angebaute Arabica wies mit 17,38 - 31,42 mmol Trolox-Äquivalente/L ein signifikant höheres antioxidatives Potential als der vietnamesische Robusta mit 12,39 – 29,83 mmol Trolox-Äquivalente/L auf. Das Theobromin war bei beiden Kaffee-Sorten nur in sehr geringen Mengen vorhanden, wobei die Gehalte beim Arabica 15,58 - 32,16 mg Theobromin/L signifikant höher waren als beim Robusta 3,66 - 7,48 mg Theobromin/L.

Die sensorischen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Arabica-Sorte *Limu* aus Äthiopien bei der Ermittlung bestimmter Produkteigenschaften (QDA) besser abgeschnitten hat als der Robusta aus Vietnam und dies auch noch nach einer 9 monatigen Lagerdauer der Fall war. Der Arabica wies im Allgemeinen höhere Intensitäten bei den positiven Eigenschaften auf, dazu zählen der allgemeine Kaffeegeruch sowie –flavor, brew-like, röstig und fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavor als auch der süße Geschmack, wobei diese nach 9-monatiger Lagerung signifikant abnahmen. Wogegen die Attribute, die typisch für Robusta sind, wie etwa verbrannt/rauchig, holzig, erdig und heuartig im Geruch und Flavor, sowie der bittere Geschmack, Nachgeschmack und die Adstringenz, beim Arabica nur sehr wenig ausgeprägt waren, aber durch die Lagerung leicht zunahmen. Beim Robusta zeigte sich, dass die typischen Attribute für Robusta-Kaffee, deutlich stärker vorhanden waren, als beim Arabica-Kaffee und durch die Lagerung in ihrer Intensität noch zunahmen. Im Gegensatz waren die positiven Kaffeeigenschaften weniger ausgeprägt als beim Arabica und nahmen nach einer Lagerdauer von 9 Monaten deutlich ab. Die negativen Attribute, die mit der Lagerung und dem Verderb zusammenhängen, zum Beispiel abgestanden und ranzig im Geruch als auch im Flavor und der Fremdgeruch bzw. –flavor, waren bei beiden frisch gerösteten Kaffees nicht vorhanden. Mit Dauer der Lagerung hingegen nahmen diese beim Robusta signifikant stärker zu und waren beim Arabica nur leicht ausgeprägt.

Bei den laborchemischen Analysen, die im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit durchgeführt wurden, konnte eine Veränderung der Kaffee-Inhaltsstoffe über einen Zeitraum von 9 Monaten festgestellt werden. Diese Änderungen hatten wiederum Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften der untersuchten Kaffeesorten. Die erstellten Produktprofile vom frisch gerösteten und 9 Monate gelagerten Kaffee zeigten eine deutliche Zu- bzw. Abnahme in der Intensität positiver bzw. negativer Attribute, die für die sensorische Qualität von Kaffee relevant sind. Somit konnte gezeigt werden, dass die Lagerung einen gravierenden Einfluss auf Kaffee und dessen Inhaltsstoffe hat.

7. Summary

Coffee is one of the world's most popular and valued beverage. There are two coffee tree species, which are cultivated worldwide, i. e. *Coffea arabica* and *Coffea canephora* var. *Robusta*. Coffee is the second most important raw material within world trade, an attractive source for tax base and a crucial foundation for many countries oriented towards agricultural products. Coffee, which is a favoured natural stimulant, has a substantial contingent on the intake of antioxidants in the population, which provides protection against food associated diseases.

Studies, which determine the influence of storing on several components, the antioxidative potential and sensory properties of coffee, are rarely available. Therefore, it was highly interesting to research within the framework of this existing diploma thesis, whether there is a change on certain parameters during a storage period of coffee.

The selected ingredients like caffeine, chlorogenic acid and theobromin of two coffee species, Arabica coffee from Ethiopia (growing area: *Limu*) as well as Robusta coffee from Vietnam were analysed by a reverse-phase HPLC/UV detector method. Furthermore, the Total Antioxidant Capacity (TAC) was determined photometrically using the ABTS-method. Both were freshly roasted in March 2009, packed in commercially available packages and were instantly brewed monthly throughout a period of storage (9 months). In addition, the sensory attributes from the two coffees (Arabica and Robusta) were analysed by Quantitative Descriptive Analysis (QDA) immediately after roasting in March 2009 and at the end of the storing in December 2009.

In the course of the storage period each single ingredient showed at first a continuous increase of concentration until the achievement of maximum value, which depends on the respective chemical content between the 6th and the 8th

month of storing. Subsequently the levels decreased slightly. Comparing the caffeine concentrations of Arabica and Robusta demonstrated that Vietnamese Robusta (957,59 – 1.682,11 mg caffeine/L) held significantly higher ($p=0,000$) caffeine values than Ethiopian Arabica (640,58 – 941,29 mg caffeine/L), which contained about less than 50 %. Looking at the results of chlorogenic acid one can yet draw another conclusion. Arabica possessed significant higher ($p=0,000$) levels (366,15 – 641,13 mg CGA/L) than Robusta (155,76 – 464,70 mg CGA/L). The chlorogenic acid concentrations correlated positively ($r = 1$; $p < 0,001$) with the values of the Total Antioxidant Capacity. Arabica which was cultivated in the highlands of Ethiopia (17,38 – 31,42 mmol Trolox-equivalents/L) exhibited a significantly higher ($p=0,000$) antioxidative capacity than the Vietnamese Robusta (12,39 – 29,83 mmol Trolox-equivalents/L). The contents of theobromine in Arabica were by 15,58 – 32,16 mg/L significantly higher than the concentrations in Robusta, which marked 3,66 – 7,48 mg/L.

The sensory analysis (QDA) showed during the evaluation of certain product properties that the freshly roasted Arabica species *Limu* from Ethiopia performed better than the fresh Robusta from Vietnam as well as after a 9 month storage period.

Arabica in general showed higher intensities concerning the positive characteristics of coffee, such as the common coffee-odor and –flavor, brew-like, roasty and fruity/aromatic odor and flavor as well as sweet taste. These positive attributes of coffee decreased significantly after 9 months storing. Nonetheless, the characteristics, which are typical for Robusta such as burnt/smoky, woody, earthy, grassy odor and flavor as well as bitter taste, aftertaste and the astringent, were unincisive. However, due to the influence of storage the Robusta characteristics increased slightly in Arabica coffee.

By contrast the Robusta held noticeable higher degrees of intensity regarding typical Robusta attributes than Arabica coffee and in consequence of the 9 month storage duration they were increasing. The positive coffee characteristics

were much less developed than in the Arabica coffee moreover after the period of storage these attributes were reduced considerably.

Commonly negative attributes of coffee, which are associated with storing and deterioration, like groundsy as well as rancid odor and flavor and the off-odor respectively –flavor, were inexistent in both fresh roasted coffee species. By increasing time of storage the intensities of these attributes strongly and significantly rose in Robusta. These negative characteristics were only slightly verifiable in Arabica.

The chemical analyses, which were carried out in the course of this diploma thesis, demonstrated a substantial change of the coffee ingredients over a period of 9 months. These alterations of the constituents had a remarkable influence on the sensory properties of the reviewed coffees. The developed product profiles of the freshly roasted sorts of coffee opposed to the 9 month duration of storage showed a clear increase respectively decrease in the intensity of positive as well as negative attributes, which are responsible for the sensory quality of coffee. Therefore, it was made evident by this thesis, that storing has a serious influence on coffee and its ingredients.

8. Literaturverzeichnis

BALTES W.: Lebensmittelchemie; Berlin: Springer, 2007: 398, 399, 413

BAKER, J. A.; BEEHLER, G. P.; SAWANT, A. C.; JAYAPRAKASH, V.; MC CANN, S. E.; MOYSICH, K. B.: Consumption of coffee, but not black tea, is associated with decreased risk of premenopausal breast cancer. The Journal of Nutrition 2006; 136: 166-171

BARRANCO QUINTANA, J. L.; ALLAM, M. F.; SERRANO DEL CASTILLO, A.; FERNÁNDEZ-CREHUET NAVAJAS, R.: Alzheimer's disease and coffee: a quantitative review. Neurological Research 2007; 29: 91-95

BICCI, C. P.; PANERO, O. M.; PELLEGRINO, G. M.; VANNI, A. C.: Charakterization of roasted coffee and coffee beverages by solid phase microextraction - gas chromatography and principal component analysis. Journal of Agricultural Food Chemistry 1997; 45: 4680-4686

BITSCH, R.: Pflanzliche Phenole und ihre gesundheitliche Wirkung. VitaMinSpur 1999; 14:16-20

BONITA, J. S.; MANDARANO, M.; SHUTA, D.; VINSON, J.: Coffee and cardiovascular disease: *In vitro*, cellular, animal, and human studies. Pharmacological Research 2007; 55: 187-198

CÄMMERER, B.; KROH, L. W.: Antioxidant activity of coffee brews. European Food Research Technology 2006; 223: 469-474

CAMPA, C.; DOULBEAU, S.; DUSSERT, S.; HAMON, S.; NOIROT, M.: Qualitative relationship between caffeine and chlorogenic acid contents among wild *Coffea* species. Food Chemistry 2005; 93: 135-139

CASAL, S.; OLIVEIRA, M. B.; FERREIRA, M. A.: HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. Food Chemistry 2000; 68: 481-485

CZERNY, M; MAYER, F.; GROSCH, W.: Sensory study on the character impact odorants of roasted arabica coffee. Journal of Agricultural Food Chemistry 1999; 47: 695-699

DELGADO-ANDRADE, C.; RUFÍÁN-HENARES, J. A.; MORALES, F. J.: Assessing the antioxidant activity of melanoidins from coffee brews by different antioxidant methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2005; 53: 7832-7836

DERNDORFER E.: Lebensmittelsensorik; 2. Auflage, Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien 2008

DÓREA, J. G.; DA COSTA, H. M.: Is coffee a functional food? British Journal of Nutrition 2005; 93: 773-782

DUTHIE, G. G.; BELIZZI, M. C.: Effects of antioxidants on vascular health. British Medical Bulletin 1999; 55, No. 3: 568-577

EBERMANN R.; ELMADFA I.: Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung; Springer Verlag, Wien 2008; 475-478, 500, 613

EDELBAUER, L. J.: Kaffee: Alles über ein Genussmittel, das die Welt veränderte. Inovamedia, Wien 2003: 10-16, 21-23, 36-43, 46-48, 50-52, 64, 66-69

ELMADFA I.; LEITZMANN C.: Ernährung des Menschen. 4. Auflage, Verlag Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart 2004: 301, 358

ESTEBAN-DÍEZ, I.; GONZÁLEZ-SÁIZ, J. M.; PIZARRO, C.: Prediction of sensory properties of espresso from roasted coffee samples by near-infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta* 2004; 525: 171-182

FARAH, A.; DE PAULIS, T.; TRUGO, L. C.; MARTIN, P. R.: Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2005; 53: 1505-1523

FARAH, A.; DONANGELO, C. M.: Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 2006; 18, No. 1: doi:10.1590/S1677-04202006000100003

FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A. S.; TRUGO, L. C.: Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry* 2006; 98: 373-380

FRANZKE, C.: Kaffee. In: BUHR, H.; FRANZKE, C.; GASSMANN, B.; GRUNERT, B.; KRETSCHMANN, F.; KROLL, J.; KRUSEN, F.; LUDWIG, E.; STEINHART, H.; VOGEL, J.; WINTER, W.; ZIMMER, K.: FRANZKE – Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 3. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg 1996: 621-627

FUJIOKA, K.; SHIBAMOTO, T.: Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. *Food Chemistry* 2008; 106: 217-221

GREENBERG, J. A.; BOOZER, C. N.; GELIEBTER, A.: Coffee, diabetes, and weight control. *American Journal of Clinical Nutrition* 2006; 84: 682-693

HARRIS, S. S.; DAWSON-HUGHES, B.: Caffeine and bone loss in healthy postmenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition* 1994; 60: 573-578

HESSMANN-KOSARIS A.: Kaffee - der gesunde Muntermacher; seine positiven Wirkungen auf Körper und Seele; 1. Auflage, Mosaik bei Goldmann Verlag, München 2006: 15-21, 63-65

HUCK, C. W.; GUGGENBICHLER, W.; BONN, G. K.: Analysis of caffeine, theobromine and theophylline in coffee by near infrared spectroscopy (NIRS) compared to high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled to mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 2005; 538: 195-203

HURREL, R. F.; REDDY, M.; COOK, J. D.: Inhibition of non-hoem iron absorption in man by polyphenolic-containing beverages. *British Journal of Nutrition* 1999; 81: 289-295

ILLY, A.; VIANI, R.: Espresso coffee: The chemistry of quality. Academic Press Limited. London – San Diaego, 1998.

ILLY, E.: Von der Bohne zum Espresso. *Spektrum der Wissenschaft* 2004; 4: 48-53

JOHNSTON, K. L.; CLIFFORD, M. N.; MORGAN, L. M.: Coffee acutely modifies gastrointestinal hormone secretion and glucose tolerance in humans: glycemic effects of chlorogenic acid and caffeine. *American Journal of Clinical Nutrition* 2003; 78: 728-733

KERSTING, M.: Coffein. In: KOOLMANN, J.; MOELLER, H.; RÖHM, K.-H.: Kaffee, Käse, Karies. 1. Auflage, Biochemie im Alltag. Wiley-VCH; Weinheim 2003

KLEEMOLA, P.; JOUSILAHTI, P.; PIETINEN, P.; VARTIAINEN, E.; TUOMILEHTO, J.: Coffee consumption and the risk of coronary heart disease and death. *Archives of Internal Medicine* 2000; 160: 3393-3400

KY, C.-L.; LOUARN, J.; DUSSERT, S.; GUYOT, B.; HAMON, S.; NOIROT, M.: Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. assessments. Food Chemistry 2001; 75: 223-230

LARSSON, S. C.; WOLK, A.: Coffee consumption and risk of liver cancer: a meta-analysis. Gastroenterology 2007; 132: 1740-1745

LINDSAY, J.; LAURIN, D.; VERREAULT, R.; HÉBERT, R.; HELLIWELL, B.; HILL, G. B.; MC DOWELL, I.: Risk factors for Alzheimer's disease: A prospective analysis from the canadian study of health and aging. American Journal of Epidemiology 2002; 156, 5: 445-453

LOPEZ-GARCIA, E.; VAN DAM, R. M.; WILLET, W. C.; RIMM, E. B.; MANSON, J. E.; STAMPFER, M. J.; REXRODE, K. M.; HU, F. B.: Coffee consumption and coronary heart disease in men and women: A prospective cohort study. Circulation 2006; 113: 2045-2053

LUETH, N. A.; ANDERSON, K. E.; HARNACK, L. J.; FULKERSON, J. A.; ROBIEN, K.: Coffee and caffeine intake and the risk of ovarian cancer: the Iowa women's health study. Cancer Causes Control 2008, 19, 10: 1365-1372

MAIA, L.; DE MENDOCA, A.: Does caffeine intake protect from Alzheimer's disease? European Journal of Neurology 2002, 9: 377-382

MASCITELLI, D.; PEZZETTA, F.; SULLIVAN, J. L.: Putative hepatoprotective effects of coffee. Alimentary Pharmacology & Therapeutics 2008; 27: 90-91

MICHAUD, D. S.; GIOVANNUCCI, E.; WILLET, W. C.; COLDITZ, G. A.; FUCHS, C. S.: Coffee and alcohol consumption and the risk of pancreatic cancer in two prospective United States cohorts. Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention 2001; 10: 429-437

MICHELS, K. B.; WILLET, W. C.; FUCHS, C. S.; CIOVANNUCCI, E.: Coffee, tea, and caffeine consumption and incidence of colon and rectal cancer. *Journal of the National Cancer Institute* 2005; 97, 4: 282-292

MÜLLER RISSO, E.; PÉRES, R. G.; AMAYA-FARFAN, J.: Determination of phenolic acids in coffee by micellar electrokinetic chromatography. *Food Chemistry* 2007; 105: 1578-1582

MORCK, T. A.; LYNCH, S. R.; COOK, J. D.: Inhibition of food iron absorption by coffee. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1983; 37: 416-420

NEBESNY, E.; BUDRYN, G.: Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. *European Food Research Technology* 2006; 224: 159-165

NEHLING, A.: Caffeine effects on the brain and behavior. In: PARLIAMENT, T.; HO C.-T.; SCHIEBERELE, P.: Caffeinated beverages: health benefits, physiological effects and chemistry. Washington DC: American Chemical Society (ACS symposium series; 754), 2000

NKONDJOCK, A.; GHADIRIAN, P.; KOTSOPOULOS, J.; LUBINSKI, J.; LYNCH, H.; KIM-SING, C.; HORSMAN, D et al.: Coffee consumption and breast cancer risk among BRCA1 and BRCA2 mutation carriers. *International Journal of Cancer* 2006; 118: 103-107

NKONDJOCK, A.: Coffee consumption and the risk of cancer: An overview. *Cancer Letters* 2009; 227, 2: 121-125

OLTHOF, M. R.; HOLLMANN, P. C. H.; BUIJSMAN, N. C. P.; VAN AMELSVOORT, J. M. M.; KATAN, M. B.: Chlorogenic acid, Quercetin-3-Rutinoside and black tea phenols are extensively metabolized in humans. *The Journal of Nutrition* 2003; 133: 1806-1814

OLTHOF, M. R., HOLLMANN, P. C. H.; KATAN, M. B.: Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. *The Journal of Nutrition* 2001; 131: 66-71

PARRAS, P.; MARTÍNEZ-TOMÉ, M.; JIMÉNEZ, A. M.; MURICA, M. A.: Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. *Food Chemistry* 2007; 102: 582-592

PEKLAR, S.: Kaffee – ein funktionelles Lebensmittel? Diplomarbeit – Institut der Ernährungswissenschaften an der Universität Wien, 2001

PELLEGRINI, N.; SERAFINI, M.; COLOMBI, B.; DEL RIO, D.; SALVATORE, S.; BIANCHI, M.; BRIGHENTI, F.: Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *The Journal of Nutrition* 2003; 133: 2812-2819

RAPURI, P. B.; GALLAGHER, J. C.; KINYAMU, H. K.; RYSCHON, K. L.: Caffeine intake increases the rate of bone loss in elderly women and interacts with vitamin D receptor genotypes. *American Journal of Clinical Nutrition* 2001; 74: 694-700

RECHNER, A. R.; KUHNLE, G.; BREMNER, P.; HUBBARD, G. P.; MOORE, K. P.; RICE-EVANS, C. A.: The metabolic fate of dietary polyphenols in humans. *Free Radical Biology & Medicine* 2002; 33: 220-235

RECHNER, A. R.; SPENCER, J. P. E.; KUHNLE, G.; HAHN, U., RICE-EVANS, C. A.: Novel biomarkers of the metabolism of caffeic acid derivatives in vivo. *Free Radical Biology & Medicine* 2001; 30: 1213-1222

REIS, M.; LOBATO, B.; LAMEIRA, J.; SANTOS, A. S.; ALVES, C. N.: A theoretical study of phenolic compounds with antioxidant properties. *European Journal of Medicinal Chemistry* 2007; 42: 440-446

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAPGANGA, G.: Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science* 1997; 2, 4: 152-159

RICHELLE, M.; TAVAZZI, I.; OFFORD, E.: Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (coffee, cocoa and tea) prepared per cup serving. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2001; 49: 3438-3442

RÖHM, M.: Kaffee. In: KOOLMANN, J.; MOELLER, H.; RÖHM, K.-H.: Kaffee, Käse, Karies: Biochemie im Alltag. 1. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim 2003: 86-87

RUFÍÁN-HENARES, J. A.; MORALES, F. J.: Effect of in vitro enzymatic digestion on antioxidant activity of coffee melanoidins and fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2007; 55: 10016-10021

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, I.; JIMÉREZ-ESCRIG, A.; SAURA-CALIXTO, F.: In vitro antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). *Food Chemistry* 2005; 90: 133-139

SCHARF, G.: Wirkung unterschiedlicher Pflanzeninhaltsstoffe und von Kaffee auf den Glutathionmetabolismus. Dissertation, Universität Wien, 2001

SCHWEDT, G.: Taschenatlas der Lebensmittelchemie, 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim 2005: 50, 58

STEEVENS, J.; SCHOUTEN, L. J.; VERHAGE, B. A. J.; GOLDBOHN, R. A.; VAN DEN BRANDT, P. A.: Tea and coffee drinking and ovarian cancer risk: results from the Netherlands Cohort Study and a meta-analysis. *British Journal of Cancer* 2007; 97: 1291-1294

STONE, H.; SIDEL, J. L.; OLIVERS, S.; WOOSLEY, A.; SINGLETON, R. C.: Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. Food Technology 1974; 28: 24-33

SUMMA, C. A.; DE LA CALLE, B.; BROHEE, M.; STADLER, R. H.; ANKLAM, E.: Impact of the roasting degree of coffee on the in vitro radical scavenging capacity and content of acrylamide. LWT – Food Science and Technology 2007; 40: 1849-1854

TEUFL, C.; CLAUSS, S.: Kaffee: Die kleine Schule; Zabert Sandmann Verlag, München 1998: 24-25, 32-33, 34, 38-41, 44-49, 51

THORN, J.: Kaffee: Das Handbuch für Genießer. Evergreen, Köln 1999: 17-20, 24-27, 32, 41-44, 46-47, 51-55, 63-66, 71-75, 118-119, 127-130, 147-149, 155, 164-165, 175-177, 181

TRUGO, L. C.; MACRAE, R.: A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. Food Chemistry 1984; 15, 3: 219-227

TSCHEUSCHNER, H.-D.: Grundzüge der Lebensmitteltechnik. 3. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg 2004: 505

VARIYAR, P. S.; AHMAD, R.; BHAT, R.; NIYAS, Z.; SHARMA, A.: Flavoring components of raw monsooned arabica coffee and their changes during radiation processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2003; 51: 7945-7950

VILA, M. A.; ANDUEZA, S.; PAZ DE PENA, M.; CID, C.: Fatty acid evolution during the storage of ground, roasted coffees. Journal of the American Oil Chemists' Society 2005; 82: 639-646

WINTGENS, J. N.: Coffee: growing, processing, sustainable production: a guidebook for growers, processors, traders and researchers. Wiley-WCH, Weinheim 2004: 3-24, 30, 165-177, 604-613, 810-819

WODA, M.: Untersuchungen von Espresso und Filterkaffee im Bezug auf die Totale Antioxidative Kapazität und die sensorischen Eigenschaften mit und ohne Milch. Diplomarbeit – Institut der Ernährungswissenschaften an der Universität Wien, 2009

9. Anhang

Tab.i: Laborergebnisse – ARABICA-Kaffee Äthiopien *Limu*

Arabica	Coffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mmol Trolox- Äquivalent/L]
frisch geröstet	640,92	367,02	15,64	17,53
	640,86	366,37	15,55	17,63
	640,05	366,69	15,53	17,35
	640,92	366,00	15,68	17,35
	640,22	365,46	15,56	17,16
	640,54	365,37	15,51	17,26
MW	640,59	366,15	15,58	17,38
STABW	0,38	0,66	0,07	0,17
VK	0,059 %	0,18 %	0,43 %	1,00 %
1 Monat gelagert	712,72	452,46	21,68	17,78
	712,38	453,08	21,05	17,87
	712,39	452,53	21,10	17,95
	712,65	453,41	21,68	18,04
	712,53	452,91	20,47	17,78
	712,67	453,32	20,18	17,70
MW	712,56	452,95	21,03	17,85
STABW	0,15	0,40	0,61	0,13
VK	0,02 %	0,09 %	2,92 %	0,70 %
2 Monate gelagert	846,81	466,97	24,55	23,89
	846,32	466,99	24,76	23,69
	846,87	467,26	24,49	24,00
	846,84	467,68	26,24	23,59
	846,44	464,67	25,59	23,79
	846,42	465,51	25,64	23,28
MW	846,62	466,51	25,21	23,71
STABW	0,25	1,16	0,71	0,25
VK	0,03 %	0,25 %	2,83 %	1,07 %

Arabica	Coffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mmol Trolox- Äquivalent/L]
3 Monate gelagert	867,84	566,14	28,92	25,43
	865,37	565,99	29,40	25,43
	865,97	563,72	28,87	25,34
	866,30	564,97	29,54	25,26
	865,85	567,24	29,62	25,34
	865,66	567,18	29,04	25,09
MW	866,17	565,87	29,23	25,32
STABW	0,88	1,35	0,33	0,13
VK	0,10 %	0,24 %	1,12 %	0,50 %
4 Monate gelagert	880,98	572,31	29,55	29,95
	880,81	572,69	28,98	30,07
	880,29	571,05	29,33	29,70
	877,31	571,90	29,33	29,46
	879,05	571,01	28,95	30,07
	877,06	567,89	28,32	29,95
MW	879,25	571,14	29,08	29,87
STABW	1,74	1,73	0,44	0,24
VK	0,20 %	0,30 %	1,50 %	0,81 %
5 Monate gelagert	874,23	607,15	30,21	30,53
	872,29	607,31	30,56	30,20
	875,43	607,89	30,04	30,42
	875,73	611,16	30,32	30,64
	875,73	610,27	30,14	30,76
	874,77	610,70	30,05	30,42
MW	874,70	609,08	30,22	30,50
STABW	1,32	1,82	0,20	0,20
VK	0,15 %	0,30 %	0,65 %	0,64 %

Arabica	Coffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mmol Trolox- Äquivalent/L]
6 Monate gelagert	905,14	618,23	32,83	30,44
	905,18	620,26	32,48	30,87
	907,92	623,78	32,14	30,87
	906,27	624,10	32,01	30,55
	905,51	624,07	31,88	30,98
	905,92	624,33	31,59	30,76
MW	905,99	622,46	32,16	30,75
STABW	1,04	2,58	0,44	0,21
VK	0,12 %	0,41 %	1,38 %	0,68 %
7 Monate gelagert	913,32	623,72	26,57	30,20
	913,57	626,02	26,54	29,83
	913,56	627,69	28,08	30,11
	912,96	625,81	27,95	29,92
	913,62	626,22	28,08	30,20
	914,57	625,88	28,05	30,20
MW	913,60	625,89	27,55	30,08
STABW	0,54	1,27	0,77	0,16
VK	0,06 %	0,20 %	2,79 %	0,54 %
8 Monate gelagert	943,90	640,78	26,65	31,87
	942,53	639,83	26,60	31,50
	940,62	641,84	26,64	31,59
	940,00	641,13	26,70	31,13
	940,93	641,46	26,63	31,31
	939,76	641,74	26,72	31,13
MW	941,29	641,13	26,66	31,42
STABW	1,61	0,75	0,05	0,29
VK	0,17 %	0,12 %	0,17 %	0,92 %

Arabica	Coffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mmol Trolox- Äquivalent/L]
9 Monate gelagert	887,54	586,74	25,81	29,54
	886,86	587,82	25,66	29,63
	886,74	587,24	25,72	29,82
	886,65	587,19	25,52	29,72
	888,55	585,77	25,70	29,82
	887,92	587,87	25,64	29,54
MW	887,38	587,11	25,68	29,68
STABW	0,76	0,78	0,10	0,13
VK	0,09 %	0,13 %	0,38 %	0,43 %

Tab. ii: Laborergebnisse – ROBUSTA-Kaffee Vietnam

Robusta	Coffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mmol Trolox- Äquivalent/L]
frisch geröstet	957,94	152,78	3,76	12,22
	958,17	153,06	3,67	12,41
	957,08	151,69	3,56	12,50
	957,23	154,87	3,67	12,32
	957,04	160,88	3,68	12,50
	958,09	161,30	3,62	12,41
MW	957,59	155,76	3,66	12,39
STABW	0,53	4,25	0,07	0,11
VK	0,06 %	2,73 %	1,82 %	0,88 %
1 Monat gelagert	985,35	230,49	3,89	12,51
	986,47	230,38	3,96	12,42
	986,89	230,80	3,85	12,68
	986,39	230,42	3,87	12,59
	990,85	230,50	3,81	12,68
	990,73	230,60	3,87	12,51
MW	987,78	230,53	3,88	12,57
STABW	2,39	0,15	0,05	0,10
VK	0,24 %	0,07 %	1,28 %	0,83 %
2 Monate gelagert	1215,84	323,73	4,58	14,98
	1216,57	323,09	4,60	14,77
	1216,11	323,89	4,57	14,87
	1216,50	323,77	4,53	15,18
	1217,47	323,32	4,49	15,08
	1216,08	323,86	4,52	15,18
MW	1216,43	323,61	4,55	15,01
STABW	0,58	0,33	0,04	0,17
VK	0,05 %	0,10 %	0,92 %	1,12 %

Robusta	Coffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mmol Trolox- Äquivalent/L]
3 Monate gelagert	1202,90	360,71	5,10	21,60
	1204,75	362,58	4,83	21,69
	1204,39	353,13	5,04	21,69
	1204,43	355,00	4,80	21,52
	1203,89	355,37	4,78	21,35
	1203,77	356,49	4,84	21,77
MW	1204,02	357,21	4,90	21,60
STABW	0,66	3,65	0,14	0,15
VK	0,06 %	1,02 %	2,78 %	0,70 %
4 Monate gelagert	1363,38	383,02	5,65	25,53
	1366,15	383,45	5,68	25,66
	1365,60	383,83	5,60	25,90
	1369,85	393,88	5,56	25,78
	1365,05	392,17	5,53	25,29
	1367,67	393,84	5,51	25,04
MW	1366,28	388,37	5,59	25,53
STABW	2,24	5,44	0,07	0,32
VK	0,16 %	1,40 %	1,21 %	1,26 %
5 Monate gelagert	1480,98	402,53	5,79	25,20
	1481,26	401,08	5,75	25,20
	1480,66	406,88	5,74	24,86
	1480,56	410,44	5,76	24,97
	1484,68	406,88	5,79	25,42
	1489,37	410,44	5,72	25,31
MW	1482,92	406,38	5,76	25,16
STABW	3,52	3,91	0,03	0,21
VK	0,24 %	0,96 %	0,48 %	0,83 %

Robusta	Coffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mmol Trolox- Äquivalent/L]
6 Monate gelagert	1605,92	465,02	7,45	29,38
	1605,88	465,84	7,51	29,38
	1605,80	464,01	7,39	29,81
	1605,98	465,92	7,39	29,59
	1603,32	463,32	7,52	28,95
	1605,41	464,09	7,60	29,17
MW	1605,39	464,70	7,48	29,38
STABW	1,03	1,06	0,08	0,30
VK	0,06 %	0,23 %	1,10 %	1,03 %
7 Monate gelagert	1681,18	457,72	6,20	27,39
	1682,24	458,32	6,19	27,86
	1682,04	456,20	6,16	27,95
	1682,70	460,69	6,20	27,95
	1683,22	459,97	6,24	27,48
	1681,28	459,69	6,18	27,67
MW	1682,11	458,77	6,20	27,72
STABW	0,79	1,67	0,03	0,24
VK	0,05 %	0,36 %	0,43 %	0,88 %
8 Monate gelagert	1548,75	441,13	5,45	26,72
	1547,11	441,46	5,40	26,82
	1545,39	439,83	5,48	27,00
	1548,91	440,47	5,45	26,54
	1549,97	432,64	5,40	26,91
	1548,95	442,07	5,39	26,72
MW	1548,18	439,60	5,43	26,79
STABW	1,65	3,50	0,04	0,16
VK	0,11 %	0,80 %	0,67 %	0,61 %

Robusta	Coffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mmol Trolox- Äquivalent/L]
9 Monate gelagert	1440,53	388,37	5,05	25,92
	1439,73	391,34	5,03	26,01
	1440,07	388,15	5,01	26,11
	1440,89	390,17	4,98	26,20
	1440,02	389,06	4,94	25,92
	1440,11	389,52	5,05	26,20
MW	1440,23	389,44	5,01	26,06
STABW	0,42	1,19	0,04	0,13
VK	0,03 %	0,31 %	0,87 %	0,50 %

PERSÖNLICHE DATEN

Geburtsdatum: 29. Juni 1982
Geburtsort: Linz
Familienstand: ledig

SCHULBILDUNG

1988 – 1992	Adalbert Stifter Übungsvolksschule, Linz
1992 – 1996	Adalbert Stifter Übungshauptschule, Linz
1996 – 1997	Haushaltungsschule der Schwestern Oblatinnen, Linz
1997 – 2000	Fachschule für wirtschaftliche Berufe der Schwestern Oblatinnen, Linz
21. Juni 2000	Abschlussprüfung an der Fachschule für wirtschaftliche Berufe mit ausgezeichnetem Erfolg bestanden
2000 – 2003	Aufbaulehrgang der HLW Landwiedstraße, Linz
13. Juni 2003	Matura an der HLW Landwiedstraße, Linz
seit Oktober 2003	Studium der Ernährungswissenschaften an der Universität Wien

PRAKTIKA

09.07. bis 03.08.2007	Praktikum: IWA – Institut für Wasseraufbereitung der LinzAg (Trinkwasserlabor)
16.08. bis 15.09.2007	Praktikum: AGES Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH Linz, Bereich Landwirtschaft (Labor)
01.09. bis 30.09.2008	Praktikum: IWA – Institut für Wasseraufbereitung der LinzAg (Abwasserlabor)

TÄTIGKEITEN WÄHREND DES STUDIUMS

März bis Dezember 2009	Durchführung der sensorischen Beurteilungen für die Firma Nestlé am Institut für Ernährungswissenschaften
------------------------	---

WS 2009/10; SS 2010; WS 2010/11 Tutorium zur Übung Vorratshaltung und –schutz

ZUSÄTZLICHE AUSBILDUNGEN

März 2009	Ausbildung zur Kaffee-Expertin an der VHS Hietzing
-----------	--

BESONDERE KENNTNISSE

EDV	Microsoft Word, Excel, Powerpoint und Access; Statistikprogramm SPSS
Sprachen	Englisch und Französisch

Wien, am 16. November 2010



Michaela Kreuml